

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направление подготовки Возобновляемые источники энергии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Зарядка основных и дополнительных аккумуляторных батарей от энергии солнца на автомобилях 4*4</b>

УДК 621.472.629 4.082 32 621 472

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6К	Монахов Вячеслав Вячеславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев Игорь Олегович	Кандидат технических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Юлия Александровна	К.Т.Н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель профиля ООП	Обухов Сергей Геннадьевич	Д.Т.Н		

Томск – 2018 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШЭ

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Дементьев

Ю.Н.

(Подпись)

(Дата)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6К	Монахову Вячеславу Вячеславовичу

Тема работы:

<b>Зарядка основных и дополнительных аккумуляторных батарей от энергии солнца на автомобилях 4*4</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

03.06.2018

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Габариты внедорожника
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов,</i>	Обзор предметной области Постановка задачи Оценка энергоэффективности Выбор оборудования Выбор оптимальной схемы подключения Математическое моделирование Результаты работы

подлежащих разработке; заключение по работе).	
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	Презентация в формате *.pptx на слайдах

#### Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	канд. экон. наук, доц. Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	канд. техн. наук, доц. Амелькович Юлия Александровна
Иностранная часть	канд. пед. наук, доц. Низкодубов Гавриил Анатольевич

#### Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Аналитический обзор предметной области, постановка задач

Оценка реусроэффективности

Проектирование системы электроснабжения на основе солнечных электростанции

Математическое моделирование в среде MatLAB

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Социальная ответственность

MATHEMATICAL MODELING

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.01.2018
--	------------

#### Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев Игорь Олегович	канд. техн. наук, доц.		29.01.18

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6К	Монахов Вячеслав Вячеславович		29.01.18

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научнопроизводственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности
P4	Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Р9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
Р10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
Р11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
Р12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 133 страницы, 55 рисунков, 12 таблиц, 23 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: автономное электроснабжение, солнечная электростанция, электростанция, солнечный модуль, солнечная радиация, накопитель электрической энергии.

Объектом исследования являются: внедорожник «Шевроле Нива»

Цель работы: Проект солнечной электростанции с накопителями электрической энергии, способной обеспечивать дополнительный заряд основного аккумулятора для запуска мотора за счет преобразования энергии солнца.

В процессе исследования проводились: расчет и выработки электрической энергии солнечными модулями, расчет и выбор емкости накопителей, разработка схемы солнечной электростанции, выбор оборудования солнечной электростанции.

В результате исследования построены графики выработки и потребления электрической энергии, выбраны тип и емкость аккумуляторных батарей, разработана схема солнечной электростанции и выбрано основное оборудование в соответствии со схемой.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Разработанная схема солнечной электростанции способна обеспечить дополнительный заряд основного аккумулятора и обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителя, как за счет накопителей электрической энергии, так и напрямую от фотоэлектрических элементов.

Область применения: Бесперебойное обеспечение потребителя электрической энергией в автомобилях.

Экономическая эффективность/значимость работы: обеспечение экологически чистой электроэнергией возможность использования электрической энергии на природе.

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

ВИЭ – возобновляемый источник энергии;

ФЭУ – фотоэлектрическая установка;

АКБ – аккумуляторная батарея;

СЭ – солнечные элементы;

СП - солнечные панели;

ГЭС – гидроэлектростанция

ИПБ – источник бесперебойного питания

## Содержание

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. ....	10
1.1 ОБЗОР ОБОРУДОВАНИЯ .....	11
1.1.3 СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ ПРИОРИТЕТНЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ЗАРЯДА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО И ПОДЗАРЯДА ОСНОВНОГО АККУМУЛЯТОРА. ....	14
1.2 Обзор контроллеров солнечных модулей .....	16
1.3 Обзор аккумуляторных батарей.....	21
1.4 Существующие контроллеры заряда двух аккумуляторов. ....	24
ГЛАВА 2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ .....	29
ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ. ....	42
ГЛАВА 4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖНОЙ СТАНЦИИ ВСТРОЕННОЙ НА АВТОМОБИЛИ 4X4 .....	48
4.1.1 Выбор солнечного источника питания для системы заряда основного и дополнительного аккумулятора. ....	48
4.2.2 Выбор контролера для заряда основного и дополнительного аккумулятора.....	51
4.2.3 Дополнительный аккумулятор для подзарядки основного аккумулятора.....	52
4.3 Схемы подключения аккумуляторов .....	56
ГЛАВА 5 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	60
5.1 Моделирование Солнечной батареи.....	60
5.2 Вольт-амперные характеристики солнечной станции 300W .....	65
5.3 Мощностная характеристика солнечной системы .....	67
5.4 Подзарядка основного аккумулятора .....	69
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и .....	79
ресурсосбережение .....	79
6.2 SWOT-анализ .....	81
6.3 Расчет капиталовложений на покупку оборудования.....	83
Контроллер MorningStar серии SunSaver MPPT .....	83
7. Социальная ответственность .....	87
7.1 Производственная безопасность .....	88
7.2 Экологическая безопасность .....	95
7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	97
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации внедорожника .....	100
ГЛАВА 8 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	102
8.1 Изготовление солнечного модуля.....	103
Приложение А.....	110
Математическое моделирование на английском языке .....	110



Приложение Б. Технические характеристики фотоэлектрических модулей Sunways ФСМ – 200F и Sunways ФСМ – 100F.....	130
Приложение В. Технические характеристики дополнительных аккумуляторов.....	133
Приложение Г. Технические характеристики солнечного контроллера заряда аккумуляторных батарей .....	134
Morningstar SunSaver MPPT 15L .....	134

## **ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.**

Сегодня возобновляемые источники энергии (ВИЭ) привлекают все большее внимание, как простых людей, так и руководств многих государств, международных организаций. На заседаниях Большой восьмерки (двадцатки) в последнее время регулярно обсуждаются нарастающие проблемы энергетики и экологии, решение которых в мировом масштабе в будущем не представляется возможным без широкого использования экологически чистых ВИЭ.

Возобновляемые источники включают широкий спектр источников энергии и технологий их преобразования в полезные для человека виды (электричество, тепло, холод, печные и моторные топлива и т.п.). Большая часть ВИЭ имеют солнечное происхождение (само солнечное излучение, ветер, водные потоки, биомасса). К «не солнечным» относятся геотермальная энергия, морские приливы, сбросное тепло антропогенного происхождения и др.

Весной 2013 г. Россия запустила программу поддержки зеленой энергетики на оптовом рынке. Теперь к 2020 г. в стране может появиться около 1,5 ГВт солнечных станций, 3,6 ГВт ветряков и 900 МВт малых ГЭС: правительство гарантировало девелоперам возврат инвестиций в эти объекты.

К возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) относят солнце, ветер, воду (кроме крупных ГЭС), геотермальные источники, биотопливо, т. е. все источники, энергия которых считается неисчерпаемой.

Причин развивать возобновляемую энергетику как минимум две: экологическая безопасность и энергонезависимость. Очевидный плюс ВИЭ в том, что при достижении срока окупаемости вырабатываемая электроэнергия становится почти бесплатной. Минус - в нестабильной выработке, которую пока приходится резервировать традиционной генерацией. Правительствам (а чаще потребителям) приходится оплачивать работу газовых и угольных станций, для того чтобы те могли быстро загрузить энергоблоки в пасмурные или безветренные дни. Человечество идет по пути разработки накопителей энергии, которые могут решить эту проблему, но в промышленном масштабе эти решения пока не используются.

В 1892 г. на Алтае на реке Березовке заработала первая малая ГЭС в России. Воду к бревенчатому строению подвели по деревянным желобам от искусственного пруда у реки Топтушки, электричество вырабатывали четыре турбины мощностью 45 кВт каждая. С тех пор в России появились и другие малые ГЭС, в Советском Союзе завертились первые ветряки, но упор страна сделала на развитие крупной генерации, реализовав сначала план ГОЭЛРО, а потом реформу РАО «ЕЭС России».

Вопрос о серьезном развитии зеленой энергетики в России правительство поставило всего пару лет назад, да и то, как говорят участники рынка, не по собственной воле. Развитие рынка было выгодно Виктору Вексельбергу и Анатолию Чубайсу, для того чтобы окупить вложения в завод

«Хевел» по производству солнечных модулей в Чувашии, уверены участники рынка. «Ренова» и «Роснано» инвестировали в строительство как минимум 14 млрд руб., писала Счетная палата (представитель «Реновы» это не комментирует, его коллега из «Роснано» не ответил на вопросы «Ведомостей»). Предполагалось, что завод будет введен в 2011 г., а мощность производства составят модули на 120 МВт в год. Но рынок сбыта был слишком мал (строить солнечные станции дорого и имеет смысл только в изолированных отдаленных энергосистемах, куда доставить традиционное топливо еще дороже). Кроме того, инвесторам никто не запрещал покупать солнечные панели за рубежом.

Завод партнеры ввели летом, говорит представитель «Хевела». А меры поддержки для инвесторов в России появились за год до этого. Они гарантированы для 6 ГВт солнечной, ветряной генерации и малых ГЭС, которые инвесторы могут построить в 2014-2020 гг. при условии высокой локализации оборудования (см. врез). С учетом потенциала развития розничной зеленой энергетики ее доля к 2020 г. может достигнуть 13 ГВт, или 2,5% в объеме производства, решило правительство.

НП «Совет рынка» провело уже два конкурса, разыграв часть объемов на 2014-2018 гг. Стало окончательно ясно, что самые выгодные условия получили инвесторы в солнечную энергетику: из 1520 МВт до 2020 г. отобрано уже 904 МВт, а сгорело (не было востребовано) всего 85 МВт. В 2014 г. случился небывалый ажиотаж: НП «АТС» получило заявки на 785 МВт - в 1,5 раза выше плана, а в ходе конкуренции участники уронили цену некоторых объектов почти на 50%.

Конкурсы привлекли даже иностранных инвесторов, в частности, крупный «заказ» в 175 МВт на солнечные станции получила «дочка» китайской Amur Sirius «Солар системс», которая уже в следующем году планирует начать строить в России завод по выпуску солнечных панелей. Крупнейший объем по итогам двух конкурсов у ГК «Энергия солнца» (435 МВт) (в ГК входят две компании, учредителями которых являются партнеры фонда Bright Capital), а также у «Авелар солар технолоджи» ГК «Ренова» (254 МВт).

## 1.1 ОБЗОР ОБОРУДОВАНИЯ

### 1.1.1 Обзор оборудования для преобразование солнечного света в электрическую энергию

Наиболее распространенный и популярный вид солнечных батарей **солнечные батареи из монокристаллического кремния**.

Такие элементы имеют более высокую эффективность по сравнению с элементами, вырабатываемыми другими способами, КПД достигает 22-23%, благодаря особой ориентации атомов монокристалла, которая способствует росту подвижности электронов. Кремний пронизывает сетка

из металлических электродов. Традиционно монокристаллические модули вставлены в алюминиевую рамку и закрыты противоударным стеклом. Цвет монокристаллических фото-элементов — темно-синий или черный.

Солнечные батареи надежны, долговечны (срок службы до 50 лет) и просты в установке, так как не содержат движущихся частей. Солнечные батареи можно использовать, где плохо работает обычное энергоснабжение и большое количество солнечных дней. Примеры применения солнечных батарей: на крышах домов для получения электричества, на уличных и садовых фонарях для освещения, подзарядка аккумуляторов, обеспечение электричеством оборудования на судах, раций, насосов, сигнализации и т.д.

### **Солнечные батареи из мультикристаллического кремния**

Изготовление мультикристаллического кремния намного легче, чем монокристаллического. Мультикристаллический кремний как материал состоит из случайно собранных разных монокристаллических решеток кремния (срок службы 25 лет, КПД до 17%). Именно поэтому, мультикристаллические панели обычно предлагают дешевле.

### **Солнечные батареи из поликристаллического кремния**

Альтернативой монокристаллического кремния является поликристаллический кремний. У него более низкая себестоимость. Кристаллы в нем ещё агрегатные, но имеют различную форму и ориентацию. Этот материал, по сравнению с темными монокристаллами, отличается ярко синим цветом. Совершенствование процесса производства элементов данного типа позволяет сегодня получать компоненты, характеристики которых лишь немного уступают по электрическим показателям монокристаллу.

С помощью системы солнечных батарей можно:

- освещать и снабжать электричеством жилые дома и дачи, школы, больницы, офисы, хозяйства, тепличные комплексы и др;
- освещать парки, сады, дворы, шоссе и улицы;
- обеспечивать электропитанием телекоммуникационное, медицинское оборудование;
- снабжать энергией нефте- и газопроводы;
- обеспечивать энергоснабжение подачи и опреснения воды;
- производить зарядку мобильных телефонов и ноутбуков

### **Тонкоплёночные батареи**

Тонкопленочные технологии позволяют делать более дешевую по себестоимости производства панель. Это обстоятельство делает пленочные панели более привлекательными для строительства крупных «ферм» по выработке электричества из солнечного света, когда «солнечный фермер» ограничен не столько площадью земли, сколько стоимостью

установки батареи. Возможна установка не только на крышу, но также на боковые поверхности здания.

Тонкопленочные панели не требуют прямых солнечных лучей, работают при рассеянном излучении, благодаря чему суммарная вырабатываемая за год мощность больше на 10-15%, чем вырабатывают традиционные кристаллические солнечные панели. Тонкая пленка является намного более рентабельным способом производства энергии и может переиграть монокристаллы в областях с туманным, пасмурным климатом или в тех отраслях промышленности, которым свойственна запыленность воздуха или высокое содержание в нем иных макрочастиц.

Тонкоплёночные панели в 95 % случаев используются для «он-грид» систем, генерирующих электроэнергию непосредственно в сеть. Для этих панелей необходимо использовать высоковольтные контроллеры и инверторы, не стыкующиеся с маломощными бытовыми системами. Хотя себестоимость тонкопленочных панелей невысокая, они занимают значительно большую площадь (в 2,5 раза), чем моно- и поликристаллические панели. Из-за меньшего КПД. Тонкопленочные панели эффективно использовать в системах мощностью 10 кВт и более. Для построения небольших автономных или резервных систем электроснабжения используются монокристаллические и поликристаллические панели.

### **Солнечные батареи из аморфного кремния**

Солнечные батареи из аморфного кремния обладают одним из самых низки КПД. Обычно его значения в пределах 6-8%. Однако среди всех кремниевых технологий фотоэлектрических преобразователей они вырабатывают самую дешевую электроэнергию.

### **Солнечные батареи на основе теллурида кадмия**

Солнечные панели из теллурида кадмия (CdTe) создаются на основе пленочной технологии. Полупроводниковый слой наносят тонким слоем в несколько сотен микрометров. Эффективность элементов из теллурида кадмия невелика, КПД около 11%. Однако, в сравнении с кремниевыми панелями, ватт мощности этих батарей обходится на несколько десятков процентов дешевле.

### **Солнечные батареи на основе CIGS**

Солнечные панели на основе CIGS. CIGS — это полупроводник, состоящий из меди, индия, галлия и селена. Этот тип солнечных батарей тоже выполнен по пленочной технологии, но в сравнении с панелями из теллурида кадмия обладает более высокой эффективностью, его КПД доходит до 15%.

### **1.1.2 Производство солнечных элементов и солнечных модулей в России.**

Россия сравнительно мало выпускает солнечных панелей, и доля производства энергии за счёт солнца, в России также мала. Тем не менее, производство панелей существует и, вероятно, следует ждать его увеличения

в связи с санкциями. Россия экспортирует свою продукцию (солнечные панели) в Германию и Чехию. Это несколько странно, поскольку Россия также импортирует аналогичную продукцию из стран: Германия, Китай, Тайвань, Таиланд.

Российские компании производящие солнечные модули :

- Москва, Зеленоград: ЗАО «Телеком-СТВ».
- Москва, Зеленоград: ООО «СоларИннТех».
- Краснодар: ООО «Солнечный ветер».
- Москва: московское предприятие ОАО «Всероссийский НИИ электрификации хозяйства» (ОАО «ВИЭСХ»).
- Краснодар: ОАО «Сатурн».
- Рязань: ООО «Солэкс». Рязань: ОАО «Рязанский завод металлокерамических изделий».

Производство технического кремния:

- Усолье-Сибирское Иркутской области: Nitel Solar (компания Нитол),
- проект Сибирский кремний (РУСАЛ и РосНано).
- Новочебоксарск, Чувашия: Химпром.
- Волгоград: Волгоградское ОАО Химпром. Абакан, Хакасия: Абаканский завод полупроводниковых материалов (АЗПМ).
- Железногорск, Красноярский край: Железногорский завод полупроводникового кремния на базе ФГУП «Горно-химический комбинат».
- Ленинградская область: ПОЛИСИЛ, международный проект Балтийская Кремниевая долина

### **1.1.3 СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ ПРИОРИТЕТНЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ЗАРЯДА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО И ПОДЗАРЯДА ОСНОВНОГО АККУМУЛЯТОРА.**

Солнечная инсоляция существенно изменяется в процессе перехода от одной точки земной поверхности к другой. Огромные просторы Кубани одарены большим количеством света, чем, например, Москва, Якутск или Казань. Существуют специальные таблицы со значениями инсоляции в разных регионах и странах.

Среднегодовое суммарное излучение солнца, попадающее на горизонтальную площадь, составляет: в Средней Азии, Центральной Европе и Канаде – около 1000 кВт/ч/ м<sup>2</sup>; в Средиземноморье – около 1700 кВт/ч/ м<sup>2</sup>, во многих пустынных регионах Ближнего Востока, Африки и Австралии – около 2200кВт/ч/ м<sup>2</sup>. В Томской области инсоляция достигает 1100 кВт/ч/ м<sup>2</sup>, поэтому для лучшего эффекта выбирать панели большой мощности 200 – 300Вт.

Панели монокристаллические.

Конструктивно, монокристаллическая панель состоит из десятков силиконовых **фотомодулей**, собранных в единую панель. Данные фотоэлектрические элементы, смонтированы в стеклопластиковый,

надежный и долговечный корпус, дающий хорошую защиту этим фотомодулям, как от пыли, так и от атмосферной влажности.

Такая панельная конструкция солнечных батарей позволяет эксплуатировать их в разнообразных условиях – как на море, так и на суше. Превращение солнечной световой энергии в солнечных батареях в энергию электрическую, происходит за счет фотоэлектрического эффекта преобразования энергии в самих фотомодулях солнечной панели. Материалом для изготовления монокристаллических солнечных панелей, является сверх чистый кремний, использующийся также для производства полупроводниковых приборов в радиоэлектронике, и хорошо освоенный современной промышленностью. Стержни кремниевого монокристалла, медленно растут» и вытягиваются из кремниевого расплава, а далее разрезаются на части, с их толщиной 0,2-0,4 мм и уже используются после их последующей обработки, для изготовления фотоэлектрических элементов, входящих в состав солнечных панелей.

Практика использования современных солнечных панелей показала, что уже на протяжении многих лет, одними из наиболее популярных и востребованных в мире – есть солнечные панели монокристаллические. КПД монокристаллических панелей составляет примерно 15-17%.

### **Поликристаллические панели.**

Когда происходит медленное охлаждение кремниевого расплава, то из него получается поликристаллический кремний, использующийся для изготовления поликристаллических солнечных панелей. В этом случае операция вытягивания кристаллов кремния из расплава полностью опускается, а сам процесс менее трудоемок, нежели при изготовлении монокристаллического кремния, а соответственно и такие солнечные батареи дешевле. Но все-таки, существенным недостатком поликристаллического кремния есть то, что он имеет области с зернистыми границами, которые немного ухудшают его качество. Рамка поликристаллических солнечных батарей (модулей) изготавливается из алюминия и покрывается специальным антикоррозионным составом, имеющим черный цвет. Высокое качество и долговечность такой конструкции, здесь достигается путем надежного закрепления пленки на обратной стороне каждой рамки и ее плотной герметизации по краям. Все элементы поликристаллической панели солнечной батареи покрываются специальным ламинатом, который устойчив, как к перепадам температур, так и к воздействию снега и дождя.

Дабы ответить на вопрос, что же лучше – «моно» или «поли» кристаллы, а соответственно и типы солнечных батарей, необходимо предварительно разобраться в их отличиях и сходстве.

Основные отличия «моно» и «поли» кристаллических типов солнечных батарей.

1. Основное и главное отличие этих двух типов солнечных батарей состоит в их эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую. Сегодняшние монокристаллические панели при их серийном

производстве – имеют эффективность по преобразованию солнечной энергии максимум до 22%, а используемые в космических технологиях – даже до 38%. Это связано с чистотой сырья монокристаллов кремния, которая в таких батареях – достигает почти 100%.

У серийно выпускаемых поликристаллических панелей – эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую, намного меньше, нежели у монокристаллических панелей, и составляет по максимуму – 18%. Такие низкие показатели по эффективности у данного типа батарей связаны с тем, что для их изготовления, используется не лишь чистый первичный кремний, но и сырье с переработанных солнечных батарей и пр. Здесь также следует понимать, что чем выше у солнечных батарей эффективность по преобразованию солнечного света, тем при одинаковой мощности разных типов батарей – их размер будет меньше.

2. Относительно внешнего вида – отметим следующее. У монокристаллических элементов солнечных панелей – углы скруглены, а поверхность однородна. Округленность их форм связана здесь с тем, что монокристаллический кремний, при его производстве получают в цилиндрических заготовках. Поликристаллические элементы солнечных модулей имеют квадратную форму, поскольку их заготовки при производстве – также квадратной формы. По своей структуре – цвет поликристаллов неоднороден, ибо состав поликристаллического кремния также неоднороден и включает в себя множество разнородного кристаллического кремния, а также в незначительном количестве и примеси.

3. Относительно ценовой политики солнечных модулей, то солнечные батареи из монокристаллического кремния незначительно дороже (примерно на 10%), нежели цена солнечных батарей из поликристаллического кремния – если брать, конечно же, в пересчете на единицу их мощности. Как, наверное, вы уже поняли, большая цена монокристаллических солнечных батарей, в первую очередь связана с более дорогостоящим процессом изготовления и очистки исходного монокристаллического кремния.

Так как от монокристаллических солнечных модулей можно получить больше электрической энергии – целесообразно использовать их.

## 1.2 Обзор контроллеров солнечных модулей

### РАЗНОВИДНОСТИ КОНТРОЛЕРОВ ДЛЯ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРОВ.

В современных солнечных электростанциях для передачи выработанной электроэнергии рабочим аккумуляторам применяются разные схемы подключения источников тока. Они используют не одинаковые алгоритмы, созданы на основе микропроцессорных технологий, называются контроллерами. Электроэнергия, вырабатываемая солнечной батареей, может передаваться накопительным аккумуляторным батареям:



1. напрямую, без использования коммутационных приборов и регулирующих устройств,
2. через контроллер.

При первом способе электрический ток от источника пойдет к аккумуляторам и начнет увеличивать напряжение на их клеммах. Вначале оно дойдет до определенного, предельного значения, зависящего от конструкции (типа) аккумуляторной батареи и окружающей температуры. На начальном этапе заряда схема работает нормально. А вот дальше начинаются крайне нежелательные процессы: продолжающееся поступление зарядного тока вызывает повышение напряжения сверх допустимых значений (порядка 14 В), возникает перезаряд с резким возрастанием температуры электролита, приводящей к его закипанию с интенсивным выбросом паров дистиллированной воды из элементов. Иногда вплоть до полного высыхания емкостей. Естественно, что ресурс аккумуляторной батареи резко снижается. Поэтому задачу ограничения зарядного тока решают контроллерами или вручную. Последний способ: постоянно контролировать по приборам величину напряжения и коммутировать переключатели руками такой неблагоприятный, что существует только в теории.

Типовая схема подключения контроллера

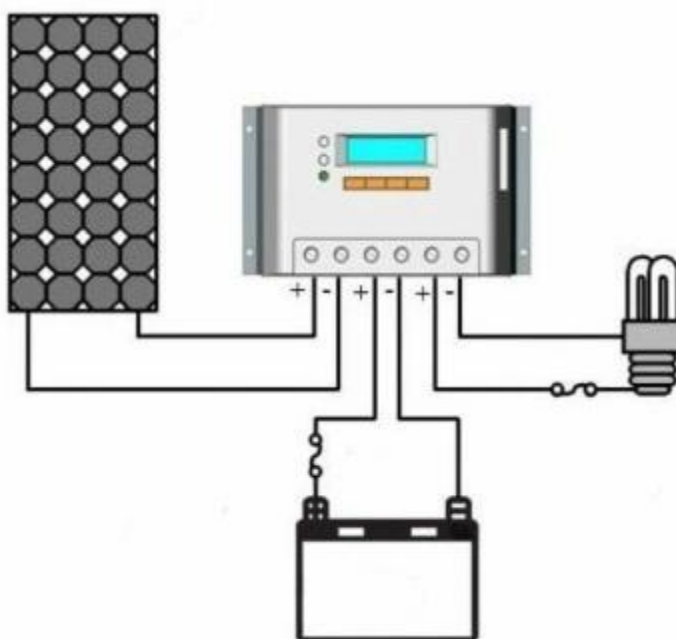


Рисунок 1. Схема подключения контроллера заряда

#### Алгоритмы работы контроллеров заряда солнечных батарей

По сложности способа ограничения предельного напряжения приборы изготавливают по принципам:

1. Откл/Вкл (или On/Off), когда схема просто коммутирует аккумуляторы к зарядному устройству по величине напряжения на клеммах,
2. широтно-импульсных (ШИМ) преобразований,

### 3. сканирования точки максимальной мощности.

#### Принцип №1: Схема Откл/Вкл

Это наиболее простой, но самый ненадежный метод. Его главный недостаток в том, что при возрастании напряжения на клеммах аккумуляторной батареи до предельного значения полного заряда емкости не происходит. Она доходит в этом случае примерно до 90% номинального значения.

У аккумуляторов постоянно происходит регулярный недобор энергии, который значительно снижает срок их эксплуатации.

#### Принцип №2: Схема ШИМ контроллеров

Сокращенное обозначение этих устройств на английском языке: PWM. Они выпускаются на основе конструкций микросхем. Их задачей является управление силовым блоком для регулирования напряжения на его входе в заданном диапазоне с помощью сигналов обратной связи.

PWM контроллеры дополнительно могут:

- учитывать температуру электролита встроенным либо выносным датчиком (последний способ точнее),
- создавать температурные компенсации зарядным напряжениям,
- настраиваться под определенный тип аккумуляторов (GEL, AGM, жидко-кислотные) с разными показателями графиков напряжений в одинаковых точках.

Увеличение функций PWM контроллеров повышает их стоимость и надежность работы.

#### Принцип №3: сканирование точки максимальной мощности

Такие устройства обозначают английскими буквами MPPT. Они тоже работают по способу широтно-импульсных преобразователей, но предельно точны потому, что учитывают наибольшую величину мощности, которую способны отдать солнечные батареи. Это значение всегда точно определяется и вносится в документацию.

Например, для гелиобатарей 12 В точка отдачи максимальной мощности составляет порядка 17,5 В. Обыкновенный PWM контроллер прекратит заряд аккумуляторной батареи при достижении напряжения 14 - 14,5 В, а работающий по технологии MPPT — позволит дополнительно использовать ресурс солнечных батарей до 17,5 В.

С увеличением глубины разряда аккумуляторов возрастают потери энергии от источника. MPPT контроллеры уменьшают их. Таким способом MPPT контроллеры, используя широтно-импульсные преобразования во всех циклах заряда аккумуляторов, увеличивают отдачу солнечной батареи. В зависимости от разных факторов экономия может составлять 10 - 30%. При этом ток выхода из аккумулятора будет превышать ток входа в него из солнечной батареи.

## **Основные параметры контроллеров заряда солнечных батарей**

При выборе контроллера для солнечной батареи кроме знания принципов его работы следует обратить внимание на условия, для которых он разработан.

Главными показателями приборов являются:

- значение входного напряжения,
- величина суммарной мощности солнечной энергии,
- характер подключаемой нагрузки.

## **Напряжение солнечной батареи**

На контроллер может подаваться напряжение от одной или нескольких солнечных батарей, соединенных по разным схемам. Для правильной работы прибора важно, чтобы суммарная величина подаваемого на него напряжения с учетом холостого хода источника не превышала предельной величины, указанной производителем в технической документации.

При этом следует сделать запас (резерв)  $\geq 20\%$  из-за ряда факторов: не секрет, что отдельные параметры солнечной батареи иногда могут быть чуть-чуть завышены в рекламных целях, происходящие на Солнце процессы не носят стабильного характера, а при аномально повышенных вспышках активности возможна передача энергии, создающая напряжение холостого хода солнечной батареи выше расчетного предела.

## **Преимущество использования ШИМ контроллеров в данной работе.**

Гелевая аккумуляторная батарея полностью герметична. Она задумана как необслуживаемая модель. В самом деле, гель ведь нельзя вылить или дозалить. Такая батарея вынослива физически, может работать в любом положении. Однако её слабое место – это перезаряд. Не смотря на то, что такие батареи могут выдерживать примерно 700 полных циклов заряд-разряд, что в десятки раз превышает показатель традиционных свинцово-кислотных батарей, они очень боятся перезаряда и высоких напряжений в процессе зарядки. Самое главное правило при их зарядке – зарядное напряжение не должно превышать пороговое. Производители в инструкции к таким батареям указывают пороговое напряжение, оно составляет 14,2-14,4 В. Гелевые батареи могут очень долго храниться, будучи полностью разряженными в ноль. Такие батареи могут храниться при минусовых температурах. Но при перезаряде, при высоком зарядном напряжении гелевый электролит начинает обильно выделять газ, который уже не абсорбируется в таких объемах обратно.

В обычном режиме гелевая батарея практически не выделяет газ, так как густая консистенция электролита просто не позволяет газу выйти наружу. Из-за этого полезного свойства такие батареи можно применять практически где угодно. Их можно ставить в квартире, в салоне автомобиля, и не опасаться, что они токсичны, либо что при разломе корпуса все зальет электролитом. Нет, даже при сквозном пробое корпуса такая батарея может продолжать работать. Однако если подать на клеммы напряжение, скажем, 15

В, то весь этот гель начнет быстро отслаиваться от пластин, и может отойти настолько, что назад просто уже не вернется и батарея не будет отдавать ток чисто физически.

Простейшие контроллеры просто отключают источник энергии (солнечную батарею) при достижении напряжения на аккумуляторной батарее примерно 14,4 В (для АБ номинальным напряжением 12В). При снижении напряжения на АБ до примерно 12,5-13 В снова подключается солнечная батарея и заряд возобновляется. При этом максимальный уровень заряженности АБ при этом составляет 60-70%. При регулярном недозаряде происходит сульфатация пластин и резкое сокращение срока службы АБ.

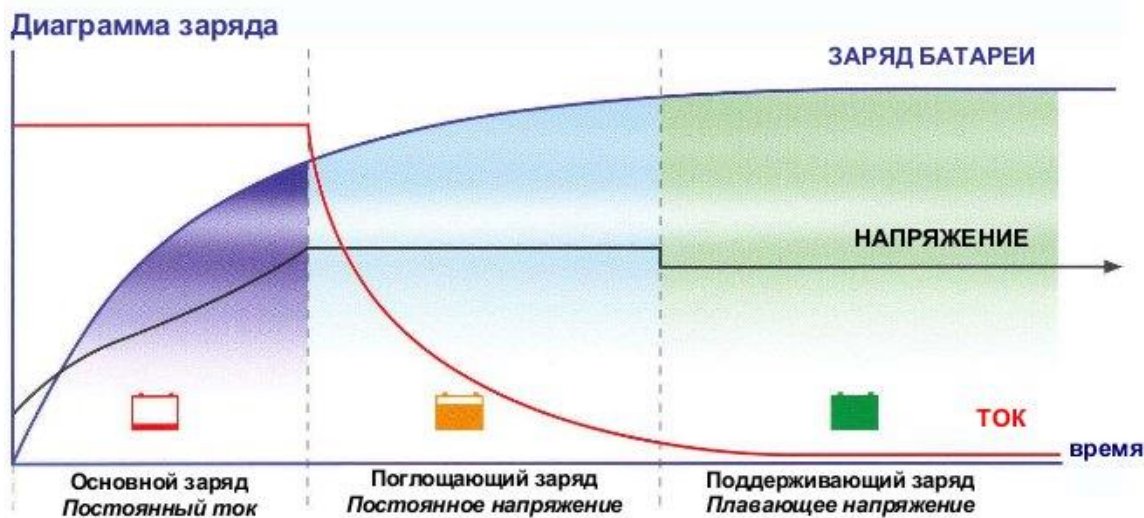


Рисунок 2. Стадии заряда аккумулятора

4 стадии заряда от солнечной батареи :

1. Заряд максимальным током: на этой стадии батарея получает весь ток, поступающий от солнечных модулей.

2. ШИМ заряд: когда напряжение на АБ достигает определенного уровня, контроллер начинает поддерживать постоянное напряжение за счет ШИМ тока заряда. Это предотвращает перегрев и газообразование в аккумуляторе. Ток постепенно уменьшается по мере заряда аккумуляторной батареи.

3. Выравнивание: Многие батареи с жидким электролитом улучшают свою работу при периодическом заряде до газообразования, при этом выравниваются напряжения на различных банках АБ и происходит очищение пластин и перемешивание электролита.

4. Поддерживающий заряд: Когда АБ полностью заряжена, зарядное напряжение уменьшается для предотвращения дальнейшего нагрева или газообразования в батарее. АБ поддерживается в заряженном состоянии.



Рисунок 3. 4 стадии заряда от солнечной батареи

### 1.3 Обзор аккумуляторных батарей

#### Технология AGM

В отличие от гелевых технологий, в этой технологии в качестве сепаратора для удержания электролита используются пластины из сверхтонких стеклянных волокон, образующих неоднородную пористую систему, между которыми циркулируют электролит и газы. Причем электролит связывается в мелких порах сепаратора за счет капиллярного эффекта, а газ блуждает через более крупные поры по объему батареи. При первичном заполнении аккумулятора количество электролита дозируется таким образом, чтобы заполнить только мелкие поры, что дополнительно сокращает расход электролита.

Конструктивно сепаратор может выполняться в виде пластин и спирали. Спиральная технология запатентована компанией Johnson Controls и может применяться только в серии Optima. Такие блоки выпускаются только в Америке.

У спиральных аккумуляторов с технологией AGM увеличена площадь сепаратора, что позволяет получать от такой батареи большие кратковременные токи и меньшее время заряда.

Однако, такие батареи имеют меньшую удельную емкость за счет большего соотношения объем/электрическая емкость.



Рисунок 4. Конструкция аккумуляторной батареи по технологий AGM

#### Преимущества AGM аккумуляторов и технологии

- Аккумуляторные батареи с такой технологией не требуют обслуживания в течение всего срока службы за счет полной герметизации при изготовлении.
- Клапанная регулировка и герметичность исключают утечку электролита и коррозию контактов, причем батарея сохраняет работоспособность даже при повреждениях корпуса.
- Герметичность корпуса обеспечивает возможность эксплуатации батареи в любом –положении. Однако, не рекомендуется ставить батарею вверх дном, т.к. регулировочные клапаны оказываются снизу.
- Соблюдение рекомендуемого режима заряда батареи делает процесс подзарядки безопасным и исключает выделение кислотных испарений и возможность взрыва.
- Батареи сохраняют работоспособность в широком диапазоне температур выше 30 °С. Из-за кристаллизации электролита при меньших температурах происходит разрушение контактных поверхностей электродов, что сокращает срок службы и емкость батареи.
- Батареи сохраняют рабочие характеристики при длительной эксплуатации в условиях сильной вибрации, что характерно для авто и железнодорожного транспорта.
- Важнейшим преимуществом батарей с технологией AGM считается стойкость к глубокой разрядке. Это обеспечивается за счет более плотной упаковки сепараторов и электродов, удержания электролита в порах сепаратора и отсутствия испарения электролита и, как следствие, окисления поверхности электродов.

## Недостатки батарей с технологией AGM

Поскольку в качестве электролита используется кислотный раствор, то для батарей присущи все недостатки обычных кислотно-свинцовых аккумуляторов:

- большая масса батареи, экологическая вредность за счет использования кислоты и свинца;
- ограниченное число циклов полный заряд/разряд - от 100 до 4000 (зависит от типа батареи);
- чувствительность к перенапряжению при зарядке связана с меньшим объемом электролита, чем в обычных батареях, поэтому необходимо соблюдать режим заряда АКБ и правильно подбирать зарядное устройство.

Таблица 1. Сравнение аккумуляторных систем

Показатель	Гелевые	AGM
Циклический ресурс	В 2-3 раза выше, чем у AGM (около 600 циклов) за счет вязкого электролита. Пластины остаются покрытыми им во время глубокого разряда, поэтому меньше подвержены коррозии.	Около 300 циклов заряд-разряд
Заряд	Очень требовательны к точности заряда, его превышение может привести к вспучиванию батареи.	Не так критичны к заряду, хотя превышение напряжения при заряде также может привести к кипению и вздутию батареи.
Саморазряд	Величина саморазряда небольшая, поэтому подходят для применения там, где разряд происходит малыми токами в течение долгого периода	Саморазряд интенсивнее, чем у гелевых
Перегрев	Перегрев может вызвать взрыв батареи.	Перегрев не так критичен, но тоже опасен.
Глубокий разряд	Хорошо выдерживают глубокий разряд.	Желательна эксплуатация при глубине разряда не более 30%.



Пусковой и максимальный ток	Неспособны дать большие токовые величины, особенно стартовые, из-за высокого внутреннего сопротивления.	Пусковые токи больше.
Короткие замыкания	Очень чувствительна к коротким замыканиям.	Менее чувствительна.
Эксплуатация	В любом положении, кроме "вверх дном", мелкие повреждения корпуса не вызывают утечку электролита, за счет вязкости последнего.	В любом положении, кроме "вверх дном".

Кроме того, такая конструкция позволила улучшить качественные характеристики гелевых аккумуляторов, а именно, число циклов разряда и устойчивость к глубоким (100%) разрядам. И если их номинальный срок службы не отличается от срока службы аккумуляторных батарей технологии AGM и здесь также существуют модели с 5-и и 10-и летним сроком, то количество циклов типичной гелевой батареи в среднем на 50% выше. Типичная модель технологии GEL способна выдерживать до 350 циклов разряда с глубиной 100%, до 550 — с глубиной 50% и до 1200 — с глубиной 30%.

Немаловажной особенностью гелевых аккумуляторов является их устойчивость к глубоким разрядам. В связи с особенностями конструкции, описанными выше, они менее подвержены сульфатации, чем AGM, и могут без ущерба емкости оставаться в полностью разряженном состоянии несколько дней. Поэтому, если Вы планируете разряжать батарею до 100% и у Вас не будет возможности сразу ее зарядить, то лучше отдать предпочтение гелевой модели.

#### 1.4 Существующие контроллеры заряда двух аккумуляторов.

Назначение устройства.

Контроллер аккумуляторов предназначен для индикации напряжения и интеллектуального переключения бортовой сети между двумя аккумуляторами.

В итоге гарантируется наличие заряженного аккумулятора для запуска двигателя и питание потребителей на стоянке от резервного аккумулятора. Контроллер аккумуляторов может использоваться только как индикатор и сигнализатор напряжений, так и для управления подключением аккумуляторов в бортовую сеть.

Спектр применения контроллера аккумуляторов не ограничивается автомобилями с 12-вольтовой бортовой сетью, оборудованных двумя параллельно включенными аккумуляторами. Так контроллер аккумуляторов



можно использовать на мотоциклах с дополнительным (экспедиционным) аккумулятором, трейлерах, кемперах и т.п.

Контроллер выполнен в прочном металлическом корпусе для эксплуатации в тяжелых условиях.

Контроллер аккумуляторов не предназначен для эксплуатации при напряжении бортовой сети 24 В. Также следует иметь в виду то, что на ряде старых моделей японских внедорожников применено решение, при котором бортовая сеть имеет напряжение 12 В., а стартер - 24 В. Т.е. в момент запуска два бортовых аккумулятора подключаются последовательно для обеспечения необходимого напряжения питания стартера. Без кардинальной переделки бортовой сети и замены стартера, использовать контроллер можно только как индикатор напряжения на одном аккумуляторе.

Основные функции контроллера аккумуляторов:

- два независимых цветных индикатора напряжения с оцифровкой в Вольтах и процентах зарядки аккумулятора;
- контрольные точки индикаторов подобраны в соответствии с типовой характеристикой свинцового аккумулятора для большей наглядности;
- световая и звуковая сигнализация предельного разряда и перезаряда аккумуляторов;
- возможность раздельного выключения световой индикации и звуковой сигнализации;
- автоматическое снижение яркости индикаторов при включении габаритных огней;
- автоматическое выключение индикаторов напряжения через определенный промежуток времени при выключенном зажигании для снижения энергопотребления (с возможностью включения индикаторов на момент контроля напряжения) и автоматическим включением при включении зажигания;
- наличие двух дополнительных индикаторов подключения аккумуляторов к бортовой сети;
- работа как от двух, так и от одного аккумулятора (автоматическая проверка наличия двух аккумуляторов);
- возможность принудительного подключения обоих аккумуляторов к бортовой сети с автоматическим отключением по таймеру;
- бесплатная поддержка производителем в течение года с предоставлением обновленных версий программного обеспечения (микрокод изменяется путем замены основного процессора).

Технические характеристики контроллера аккумуляторов.

- Напряжение питания: +8...+16 В. постоянного тока.
- Максимальный ток потребления при максимальной яркости двух полностью включенных индикаторов: не более 250 мА.
- Максимальный ток потребления в режиме стоянки (при выключенных индикаторах): не более 40 мА.
- Максимальный допустимый ток на любом выходе управления контакторами: 600 мА. (импульсно до 1,2 А.)

- Длительность импульса управления поляризованными контакторами: 0,5 Сек.
- Время подключения «резервного» аккумулятора после начала заряда: 5 мин.
- Время принудительного подключения двух аккумуляторов: 6 мин.
- Время отключения индикации (переход в энергосберегающий режим) после выключения зажигания: 8,5 мин.
- Точность измерения напряжения:  $\pm 0,05$  В.
- Температурный диапазон:  $-40 \dots +105$  град. С.
- Исполнение: виброзащищенное.

Краткое описание работы.

После подачи напряжения питания контроллер выполняет самодиагностику (при этом оба индикатора полностью загораются и гаснут) и проверяет наличие двух аккумуляторов в бортовой сети. Если обнаружен только один аккумулятор, он подключается к бортовой сети вне зависимости от напряжения на нем, индикатор отсутствующего аккумулятора выключается и контроллер переходит в режим непрерывной индикации напряжения на обнаруженном аккумуляторе до тех пор, пока не будет обнаружен второй аккумулятор.

После подачи напряжения (при проверке наличия двух аккумуляторов) «стартовый» аккумулятор (АКБ №1) кратковременно отсоединяется от бортовой сети. Это надо иметь в виду как при первом включении (после установки) контроллера, так и при включении после длительной стоянки с помощью тумблера питания. Во избежание выхода из строя бортовых потребителей не рекомендуется производить полное включение / выключение контроллера на работающем двигателе. Также во избежание сброса настроек часов, магнитолы и т.п., при полном включении / выключении контроллера должно быть гарантировано наличие «резервного» аккумулятора (АКБ №2).

Если контроллер обнаружил два аккумулятора, то дальнейшая работа зависит от состояния цепи зажигания. Если зажигание включено, то к бортовой сети подключается «стартовый» аккумулятор (АКБ №1), а «резервный» (АКБ №2) – отключается.

После этого начинается непрерывный контроль напряжения на АКБ №1. Если напряжение достигает значения, соответствующего нормальной зарядки, начинается отсчет времени. По истечению заданного промежутка времени к бортовой сети подключается АКБ №2.

Если зажигание выключено, то начинается непрерывный контроль напряжения на АКБ №1. Если напряжение падает до определенного значения, АКБ №1 отключается от бортовой сети. Таким образом, на стоянке гарантируется питание потребителей только от «резервного» (АКБ №2) аккумулятора, а запуск двигателя гарантируется, т.к. производится от неиспользованного «стартового» (АКБ №1) аккумулятора. Подключение «резервного» (АКБ №2) аккумулятора для подзарядки производится после восполнения емкости «стартового» аккумулятора (АКБ №1). Через определенный промежуток времени все индикаторы напряжения

выключаются для обеспечения максимальной экономии энергии. При этом сохраняется возможность включения индикаторов – с последующим автоматическим выключением через определенный промежуток времени – одним нажатием кнопки. Для аварийных ситуаций имеется возможность принудительно подключить оба аккумулятора к бортовой сети, что производится одним нажатием специальной кнопки. Переход в стандартный режим происходит принудительно повторным нажатием кнопки, либо автоматически через заданный промежуток времени.



Рисунок 5. Существующие контроллеры заряда двух аккумуляторов

### Основные недостатки существующих контроллеров

Так как в летний период времени наблюдается очень высокий уровень инсоляции то появляется возможность заряжать аккумуляторы до 100А/Ч их можно разделить на две батареи по 50А/ч которые будут использоваться в зависимости от времени года, контроллеры заряда предназначены только для питания одного дополнительного аккумулятора, а использование одного 100 А/Ч аккумулятора не актуально так как в зимний период времени аккумулятор будет заряжаться только на половину, что нежелательно для аккумуляторов – недозаряд ведет к быстрому выводу из строя аккумуляторной батареи.

Еще одним важным недостатком является что все контроллеры заряда по умолчанию выпускаются для свинцово-кислотных аккумуляторных батареи, вследствие чего без дорогостоящей перепрошивки устройства, нет возможности подключать гелиевый аккумулятор как дополнительный источник питания. Контроллеры при не запуске двигателя включают параллельно аккумуляторы, а если один из них гелиевый или AMG то при параллельном их подключений и запуска двигателя могут повлечь очень плохие последствия.

**Вывод:** Поиск новых методов и источников получения и преобразования электрической энергий является одной из основных задач современных научно-технических проблем.

Традиционная энергетика, основанная на использовании неорганического топлива( в первую очередь сжигание природного газа и нефти), вполне может существенно исчерпать ресурсы уже в 21 веке. На сегодня особую важность приобретает правильный выбор использования источников энергий в конкретном месте и в конкретное время. Какой же выбор наилучшего варианта электрического снабжения? Сегодня выбор очевиден - это приведенные денежные затраты на получение тепловой энергий или электрической энергий и влияние на окружающую среду. Минимум отрицательного воздействия на окружающую среду и минимум приведенных денежных затрат определяют тот путь, по которому должна развиваться современная энергетика.

Особенность ВИЭ заключается в том, что они основываются не на запасах органического топлива, а на природных потоках энергии, время существования которых соизмеримо с длительностью существования нашего мира( воздушные потоки, потоки воды, потоки солнечной энергии). Также большое внимание заслуживают разработки новых технологий которые в текущем столетии в состоянии повлиять на топливно-энергетический баланс на Земле.

## ГЛАВА 2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

### 2.1 Общие географические и климатические сведения

Солнечный свет, очевидно, играет ключевую роль, когда речь идет о солнечной энергии, и не во всех регионах созданы равные условия в этом отношении. Это важно знать, сколько солнечного света достигает земли в районе, где находится ваш потенциальный солнечный дом. То, о чем мы говорим здесь, называется инсоляцией — мера того, сколько солнечной радиации упадет на землю в той или иной области в определенный период времени. Это обычно измеряется в кВт/м.кв./дни, и она покажет вам, сколько солнечного света будет доступно для ваших солнечных батарей, чтобы превратиться в электричество. Чем выше значение инсоляции в вашем регионе, тем больше электроэнергии каждая из ваших панелей сможет генерировать. Высокое значение инсоляции означает, что вы можете получить больше энергии из меньших панелей. Низкое значение инсоляции означает, что вы могли бы в конечном итоге тратить больше для достижения той же выходной мощности.

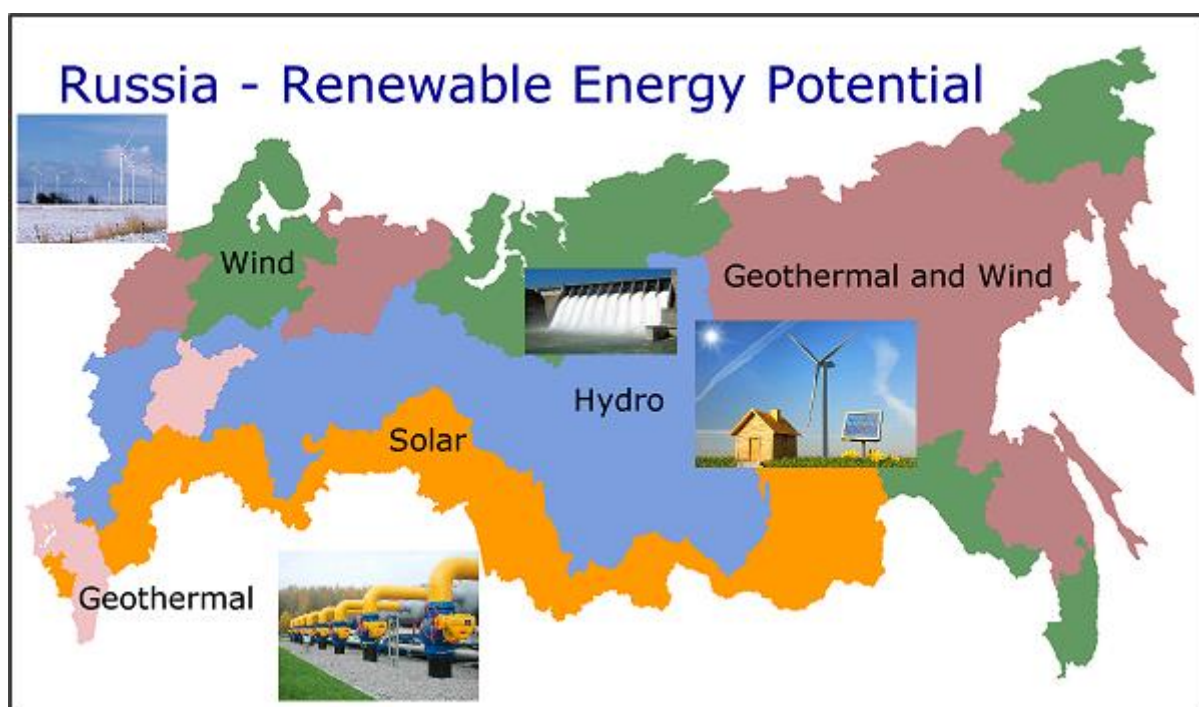


Рисунок 6. Общий вид потенциальна возобновляемых источников энергии в России

Как видно из рисунка солнечная энергетика эффективна на юге страны.

По данным Института Энергетической стратегии, теоретический потенциал солнечной энергетики в России составляет более 2300 млрд. тонн условного топлива, экономический потенциал – 12,5 млн. т.у.т. Потенциал солнечной энергии, поступающей на территорию России в течение трех дней, превышает энергию всего годового производства электроэнергии в нашей стране.

Ввиду расположения России (между 41 и 82 градусами северной широты) уровень солнечной радиации существенно варьируется: от 810 кВт-час/м<sup>2</sup> в год в отдаленных северных районах до 1400 кВт-час/м<sup>2</sup> в год в южных районах. На уровень солнечной радиации оказывают влияние и большие сезонные колебания: на ширине 55 градусов солнечная радиация в январе составляет 1,69 кВт-час/м<sup>2</sup>, а в июле – 11,41 кВт-час/м<sup>2</sup> в день.

Потенциал солнечной энергии наиболее велик на юго-западе (Северный Кавказ, район Черного и Каспийского морей) и в Южной Сибири и на Дальнем Востоке.

Наиболее перспективные регионы в плане использования солнечной энергетики: Калмыкия, Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край, Волгоградская область, Астраханская область и другие регионы на юго-западе, Алтай, Приморье, Читинская область, Бурятия и другие регионы на юго-востоке. Причем некоторые районы Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока превосходит уровень солнечной радиации южных регионов. Так, например, в Иркутске (52 градуса северной широты) уровень солнечной радиации достигает 1340 кВт-час/м<sup>2</sup>, тогда как в Республике Якутия-Саха (62 градуса северной широты) данный показатель равен 1290 кВт-час/м<sup>2</sup>.<sup>5</sup>

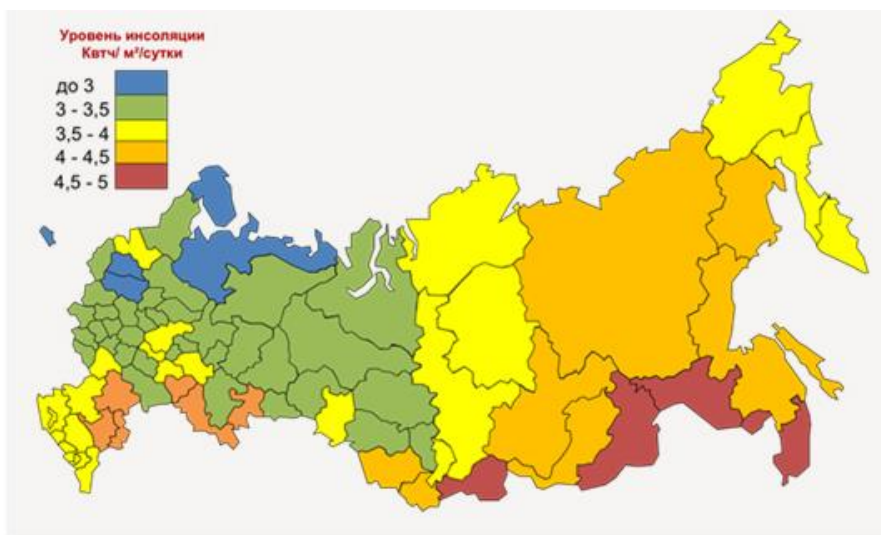


Рисунок 7. Количество инсоляции Российской Федерации



## 2.2 Анализ вариантов электроснабжения

### Электроснабжение

Повышение надежности и эффективности работы электроэнергетических систем является одной из главных задач современной электроэнергетики. В условиях современной реальности предъявляются высокие требования к знаниям и навыкам специалистов данного профиля. Предприятия, в том числе и производители электроэнергии, остро нуждаются в высококвалифицированных профессионалах, имеющих глубокие теоретические знания и практические навыки в сфере энергетики.

**Простота и масштабируемость.** Система электроснабжения промышленных предприятий не должна быть многоступенчатой, питающие сети не должны быть длинными, а способ прокладки сети должен быть максимально простым. Кроме того, система обязана обеспечивать возможность внедрения нового оборудования, то есть быть масштабируемой.

**Отсутствие перегрузок.** При проектировании цехов промышленных предприятий значение имеет как размещение оборудования в цехах, так и расположение трансформаторных подстанций. По возможности каждый участок должен быть снабжен отдельным распределительным устройством, которое устанавливается рядом с центром нагрузки. Другие потребители и участки не должны иметь возможности подключения к данному устройству во избежание перегрузки.

**Обеспечение бесперебойного производственного процесса.** На производствах с параллельными технологическими потоками сеть должна быть построена так, чтобы при необходимости отключения одного элемента сети (в случае аварии, с целью ремонта) отключались только те механизмы, которые относятся к данному потоку. Другие технологические потоки при этом должны оставаться в рабочем состоянии.

**Безопасность.** Все используемое электрооборудование должно обладать степенью защиты, соответствующей условиям работы конкретного цеха.

### Варианты построения системы электроснабжения солнечной электростанции

Солнечные фотоэлектрические станции – это один из видов электрогенераций путем непосредственного преобразование энергии солнечного излучения в электроэнергию

Для надежного обеспечения потребителя электричеством с использованием солнечной энергии в состав ФЭС кроме фотоэлектрических панелей входит ряд дополнительных элементов. Состав которых входит ряд дополнительных элементов, состав которых во многом зависит от типа и назначения солнечной электростанции. Различают два основных типа солнечных фотоэлектрических систем:

- автономные системы;
- системы, работающие параллельно с сетью.

Автономная ФЭС, кроме солнечных панелей, как правило, содержит аккумуляторные батареи (АБ) и контроллер заряда-разряда. При необходимости электроснабжения потребителей, требующих стандартного напряжения 220/380В переменного тока, в состав ФЭС необходимо включить инвертор [1]

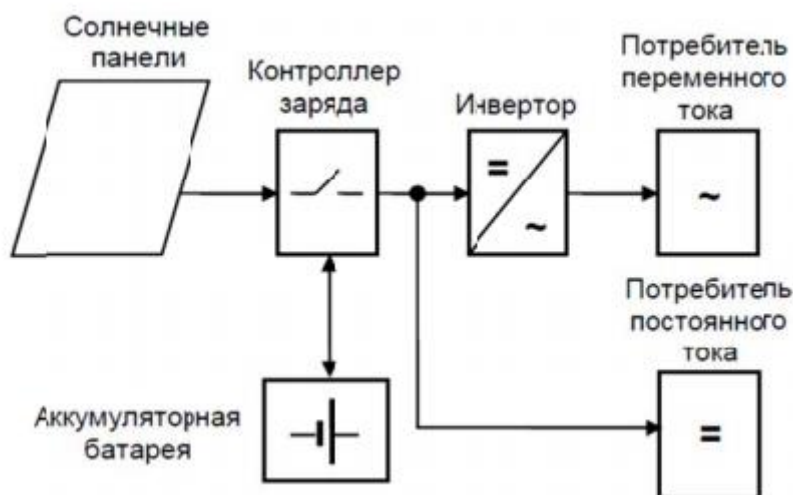


Рисунок 8. Автономная фотоэлектрическая система

Параметры элементов ФЭС (тип и количество ФП, емкость АБ, мощность инвертора), а соответственно и ее стоимость, зависят от многих факторов: состава электрической нагрузки и среднесуточного электропотребления, характера работы ФЭС (сезонный или круглогодичный), среднесуточного прихода солнечной радиации и числа последовательных дней без солнца в месте установки фотоэлектрических модулей, системы ориентации солнечных панелей на Солнце и некоторых других факторов.

Так как ФП способны вырабатывать электроэнергию только в светлое время суток, величина их установленной мощности должна выбираться с расчетом на то, что запасенной за день энергии хватит на гарантированное обеспечение потребителей в течение суток. Это приводит к необходимости значительно увеличивать установленную мощность ФП и емкость аккумуляторов.

Очевидным недостатком автономных ФЭС является потеря излишков энергии в режимах малых нагрузок. В большинстве стандартных автономных фотоэлектрических систем солнечная батарея просто отключается, когда аккумуляторы полностью заряжены. Можно использовать избытки энергии на балластных сопротивлениях для подогрева воды или воздуха, что позволяет несколько повысить эффективность полезного использования генерируемой энергии, однако проблема полностью не решается.

Серьезным недостатком автономных ФЭС является необходимость использования аккумуляторных батарей, работающих в циклическом



режиме. Число рабочих циклов распространенных кислотно-свинцовых аккумуляторов невелико (1500-2000), что требует их частой замены.

Применение промышленных аккумуляторов с большим сроком службы, например никель-кадмиевых или литий-ионных, требует значительного увеличения финансовых вложений на построение энергетической системы.

Кроме того, необходимо учитывать, что в аккумуляторах также имеют место потери энергии. В лучшем случае, эффективность процессов заряда-разряда аккумуляторов составляет 90%, и она ухудшается по мере их старения.

Использование ФЭС при наличии сети позволяет избежать многих, если не всех, недостатков автономных систем. По сути, сеть является большим аккумулятором со 100% КПД, который может принять все излишки энергии.

Структурная схема сетевой фотоэлектрической электростанции приведена на рис. 24. Электрическая сеть может быть как децентрализованной, так и локальной, образованной дизельной электростанцией.

В состав сетевой фотоэлектрической системы, кроме солнечных батарей, также обычно входят:

- сетевые инверторы, преобразующие постоянный ток, генерируемый солнечными панелями, в переменный;
- контроллеры максимального отбора мощности с солнечных батарей;
- система мониторинга, позволяющая отслеживать параметры рабочего режима солнечной электростанции;
- централизованная сеть - линия электропередач, к которой подсоединена электростанция; •собственные потребители электроэнергии (промышленные или бытовые электроприборы).

В свою очередь, сетевые ФЭС по способу построения подразделяются на два основных типа:

- без аккумуляторных батарей;
- с аккумуляторными батареями.

На практике наибольшее распространение получили фотоэлектрические системы без аккумуляторных батарей. Безаккумуляторные ФЭС очень надежны и практически не требуют обслуживания. Кроме того, они обладают максимальной эффективностью использования энергии от солнечных батарей - от 90 до 98%. В таких системах применяются специальные инверторы, ведомые сетью, которые используют сеть для формирования опорного напряжения для их запуска и синхронизации.

Недостатком подобных систем является прекращение питания потребителей при отключении центральной сети. Так как сетевые инверторы вырабатывают напряжение, идентичное сетевому, то при его потере инвертор перестает работать. Прекращение генерации сетевых инверторов при пропадании напряжения в сети связано также с обеспечением безопасности при проведении ремонтных работ (необходимо обеспечить отсутствие напряжения на линии, если подача напряжения отключена электриком на подстанции).

Для локальных систем электроснабжения на основе дизельных электростанций дополнительными ограничениями на использование сетевых ФЭС является невозможность отключения ДЭС и требование обеспечения потребителей электрической мощностью ДЭС не менее 40% от мощности гибридной солнечно-дизельной электростанции.

При ненадежной электрической сети применяют ФЭС с аккумуляторными батареями, которые являются гораздо более сложными, но позволяют создавать системы бесперебойного электроснабжения потребителей.

Мощность инвертора в таких системах определяется по суммарной мощности нагрузки, которую нужно питать во время аварий в сети, а длительность аварий определяет емкость АБ и установленную мощность солнечной батареи.

Для обеспечения максимально эффективной работы аккумуляторная фотоэлектрическая система, соединенная с сетью, требует использования специализированного автономного (батарейного) инвертора. Возможны 3 варианта построения таких систем [4]:

1) Солнечные батареи заряжают АБ через контроллер заряда, а затем энергия через инвертор передается в нагрузку или сеть.

2) Солнечные батареи работают на сетевой фотоэлектрический инвертор, от которого питается нагрузка, излишки энергии идут на заряд аккумуляторов, и если АБ заряжены, то направляются в сеть.

3) Гибридная система, включающая элементы обоих вышеперечисленных типов.

Структурная схема сетевой фотоэлектрической системы с контроллером заряда приведена на рис. 9.

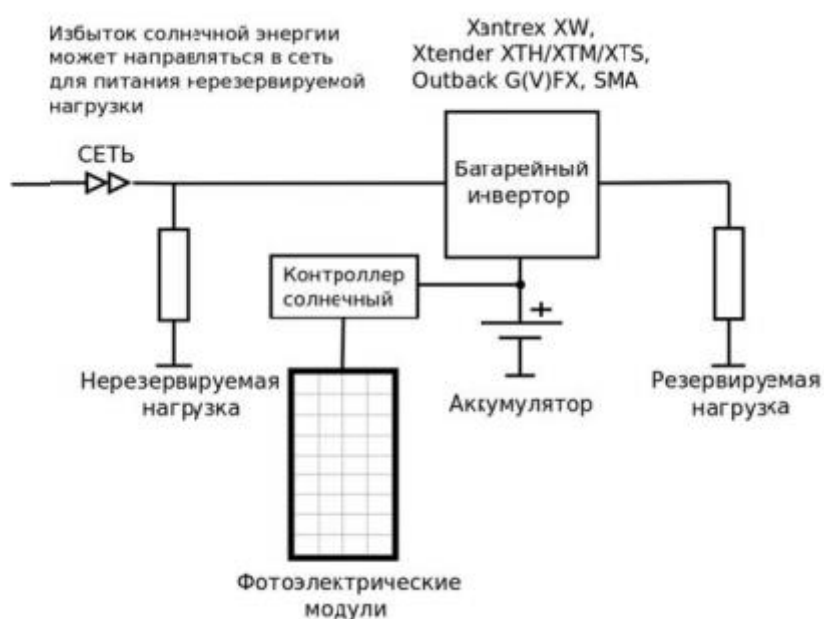


Рисунок 9. Сетевая фотоэлектрическая система электроснабжения с контроллером заряда постоянного тока

Данный вариант построения системы является наиболее простым и

распространенным. В данной системе заряд аккумуляторов от солнечных батарей производится через контроллер заряда постоянного тока [1]

При использовании стандартного источника бесперебойного питания (ИБП), при наличии сети заряд аккумуляторов происходит от сети, и солнечные батареи практически не используются. Для максимального использования энергии, вырабатываемой солнечными батареями, применяют контроллер МРРТ и специальный инвертор с функцией передачи электроэнергии в нагрузку или сеть при напряжении на АБ выше заданного. В этом случае, даже если АБ полностью заряжены, энергия от ФП направляется в нагрузку, тем самым уменьшая потребление от сети. Если нагрузка потребляет меньше энергии, чем вырабатывают солнечные батареи, такой инвертор может или направлять излишки в сеть, или уменьшать выработку солнечных батарей за счет повышения напряжения на аккумуляторах [12].

Достоинствами таких систем является возможность использования энергии солнца, как при наличии сети, так и во время отключений; возможность восстановления работы при длительных перерывах в электроснабжении и глубоком разряде аккумуляторов путем заряда АБ от ФП.

К недостаткам следует отнести двойное преобразование солнечного электричества, что приводит к дополнительным потерям в контроллере, инверторе, частично в аккумуляторах; циклический режим работы аккумуляторов при перерывах в централизованном электроснабжении, что приводит к их быстрому износу.

Для построения ФЭС данного типа могут быть использованы следующие модели инверторов: Xtender XTH/XTM, SMA Sunny Island, Xantrex XW, RichElectric CombiPlus, Outback GFX/GVFX и др.

При авариях в сети инвертор начинает преобразовывать энергию от аккумуляторов. Если солнечные батареи подключены через контроллер заряда к аккумуляторам, то инвертор использует солнечное электричество, и, если его не хватает, то и энергию из аккумуляторов. Если солнечной энергии больше, чем нужно для потребителей, она идет на заряд аккумуляторов.

Фотоэлектрическая система электроснабжения с сетевым инвертором на входе ИБП представлена на рис. 10.



Рисунок 10. Сетевая фотоэлектрическая система электроснабжения с сетевыми инверторами на выходе ИБП

Достоинствами данной схемы построения ФЭС является возможность применения сетевого и автономного инверторов с минимальным набором опций, широко представленных на рынке многочисленными производителями. Аккумуляторы все время находятся в заряженном состоянии, эксплуатируются в буферном режиме и используются только при отключениях сетевого электричества.

ФЭС такого типа целесообразно использовать в системах электроснабжения, в которых основное потребление солнечного электричества имеет место днем, а отключения централизованного электроснабжения

### **Применение инверторов в системе с возобновляемым источником энергии.**

Современная жизнь такова, что в салоне автомобиля человек зачастую проводит времени больше, чем в собственной квартире. Но даже в автомобиле, приспособленном для длительных поездок, бывает некомфортно путешествовать хотя бы вследствие отсутствия элементарных бытовых приборов. Их невозможно взять с собой в дорогу из-за того, что нет электросети. Правда, часть устройств все же имеет возможность питания или подзарядки своей аккумуляторной батареи от автомобильного прикуривателя. Однако далеко не все устройства могут питаться непосредственно от автомобильной сети.

В этом случае настоящей палочкой-выручалочкой для автомобилиста станет особый прибор – инвертор или преобразователь напряжения. Инверторы, служащие для преобразования постоянного тока в переменный, сегодня применяются в самых разных областях жизнедеятельности. Но, конечно, наибольшей популярностью инверторы пользуются у владельцев грузовых и легковых автомобилей.

## Принцип работы и виды автомобильных инверторов

Преобразователь напряжения или инвертор – это устройство, предназначенное для преобразования входного постоянного напряжения 12В в переменное напряжение 220В с частотой 50 Герц на выходе. То есть автомобильный инвертор вырабатывает переменный ток, благодаря чему к нему можно подключать самые разнообразные электроприборы, инструменты, портативные устройства и компьютеры, работающие от бытовой сети переменного тока.

Инверторы обладают возможностью повышать напряжение и регулировать его с определенной точностью. На самом деле инвертор может выдавать практически любую частоту на выходе. Но естественно, что наибольший интерес представляет именно частота 50 Гц, на которой работают современные бытовые приборы российского и европейского рынка. Нужно, правда, отметить, что частота 50 Гц, которая выдается инвертором, отличается меньшей стабильностью по сравнению с обычной городской электросетью.

Функционирование автомобильного инвертора базируется на полупроводниках. При этом сам корпус устройства обычно изготавливается из алюминиевого сплава повышенной теплопроводности, чтобы обеспечивать отвод тепла посредством конвекции. Кроме того, в конструкции более мощных приборов (от 300 Вт), как правило, присутствует еще и вентилятор для принудительного охлаждения инвертора.



Рисунок 11. Автомобильный инвертор

Поскольку инвертор, по-существу, является импульсным преобразователем напряжения, то он имеет все необходимые защитные системы: защиту от коротких замыканий и перегрузок на выходе, защиту от перегрева, защиту от превышения и понижения входного напряжения. Подключается автомобильный инвертор довольно просто - через розетку прикуривателя или непосредственно к аккумулятору.

В век разных мобильных девайсов, ноутбуков и компьютеров эта проблема стала еще более актуальной. Как раз для таких случаев и

предназначен автомобильный инвертор, позволяющий использовать его энергию для снабжения питанием различных устройств прямо в машине. С помощью инвертора можно подключать электрические приборы, совершенно не приспособленные для применения в транспортном средстве. Автомобильные инверторы выручат и в тех случаях, когда Вы планируете долгую поездку, и в ситуации, когда Вы просто собираетесь уехать за город на пикник.

Таким образом, преобразователь напряжения фактически освобождает от существующей зависимости от традиционных источников электроэнергии. К автомобильному инвертору можно подключать самые разнообразные приборы, начиная от простого диктофона и бритвы и заканчивая ноутбуком или дрелью.

В автомобильных инверторах может быть предусмотрено три режима работы. Первый, основной, предполагает длительную работу инвертора на номинальной мощности. Второй режим обеспечивает так называемый режим перегрузки, когда устройство в течение определенного времени может давать мощность в полтора раза большую, чем номинальная мощность. И, наконец, в некоторых моделях автомобильных инверторов также присутствует пусковой режим, который дает повышенную моментальную мощность для емкостных нагрузок или запуска электродвигателя.

Сегодня на рынке представлены различные виды автомобильных инверторов. В первую очередь, все инверторы делятся по форме генерируемого ими напряжения. В большинстве случаев автомобильный инвертор просто не может дать чистую синусоиду напряжения. На выходе получается прямоугольная, трапециевидная или ступенчатая форма напряжения переменного тока. Но отсутствие чистой синусоиды напряжения никак не сказывается на работе значительной части бытовых электроприборов. Поэтому такие инверторы, называемые несинусоидальными, вполне подойдут для питания обычных бытовых приборов.

Однако есть электроприборы, которым просто необходимо идеальное качество напряжения. В этом случае используются специальные синусоидальные инверторы, которые отличаются большей сложностью в производстве и, как результат, более высокой стоимостью. Синусоидальный инвертор нужен, в частности, для питания электроинструментов, мобильных телефонов и ноутбуков.

Помимо этого, все инверторы, конечно, отличаются друг от друга мощностью, количеством подключаемых приборов, наличием встроенного переключателя и всевозможными дополнительными функциями.

### **Общие рекомендации по выбору автомобильного инвертора**

Основная задача при выборе автомобильного инвертора – это подбор устройства необходимой мощности. Ведь если купить инвертор с мощностью равной или ниже мощности того устройства, которое Вы планируете питать, то автомобильный инвертор просто сгорит. В настоящее время выпускаются

автомобильные инверторы различной мощности - от 50 Вт и выше. Маломощные устройства хороши тем, что отличаются невысокой стоимостью и легко подключаются через разъем прикуривателя. Но такие инверторы подойдут только для подключения небольших бытовых приборов.

С помощью же более мощных инверторов можно питать самые разнообразные устройства – от стационарного компьютера до холодильника и СВЧ-печи. Главное правило здесь такое - всегда нужно приобретать автомобильный инвертор с мощностью, превышающей мощность того устройства, которое Вы собираетесь питать.

Если же подключать к инвертору разные устройства, то его нужно выбирать, исходя из технических характеристик самого мощного из них. Для справки можно привести мощность некоторых бытовых приборов и устройств:

- бритва – 7 – 10 Вт
- плеер и радиоприемник – 5 - 7 Вт
- игровая приставка – 8 Вт
- зарядное устройство мобильного телефона – 10 Вт
- зарядное устройство видеокамеры – 25 Вт
- струйный принтер – 30 – 50 Вт
- нетбук – 40-50 Вт
- ноутбук – 80 - 100 Вт
- телевизор – 30 – 200 Вт
- дрель – 400 - 1000 Вт
- фен, утюг – 1500 - 2000 Вт
- пылесос – 1500 - 2000 Вт
- болгарка – 1500 - 2000 Вт
- СВЧ-печь – 1400 - 2500 Вт

В том случае, если подключать к автомобильному инвертору сразу несколько устройств одновременно, следует сложить их мощность и, соответственно, выбрать модель инвертора, подходящей по мощности. В любом случае подключаемые к инвертору мощности не должны быть равными или превышать мощность самого инвертора.

При выборе инвертора с подходящей мощностью нужно еще и учитывать специфику работы тех устройств, которые Вы собираетесь к нему подключать. К примеру, различные электроинструменты и строительная техника, а также электродрели и рубанки, характеризуются большими пусковыми токами в момент включения. Если на холостом ходу они потребляют значительно меньшую мощность, то в момент включения, либо прикладывания нагрузки потребление мощности резко возрастает и превышает те значения номинальной мощности, которые указываются производителем в документации. Соответственно, для питания таких приборов придется планировать определенный запас по мощности инвертора. Только в этом случае можно обеспечить стабильность работы автомобильного инвертора и его долгий срок службы.

Компьютеры, ноутбуки и мониторы также имеют импульсные блоки питания. На практике это означает, что потребляемая ими мощность может быть в отдельные моменты выше номинальной. В этой связи можно дать только одну рекомендацию - всегда лучше приобретать инвертор с некоторым запасом по мощности.

Автомобильный инвертор остается очень полезной и нужной вещью, которая дает возможность пользоваться в дороге или длительной поездке обычными домашними электроприборами. Можно сказать, что инверторы серьезно облегчают жизнь, обеспечивая необходимый комфорт в тех местах, где просто нет регулярной подачи электрической энергии.

Автомобильный инвертор может быть с током чистого синуса и "квази-синуса". На квази-синусе не будут работать или могут выйти из строя следующие приборы: автоматика газовых котлов, бесперебойно работающие циркуляционные насосы (перегрев и гудение). Есть мнение, что импульсные блоки питания (например, для ноутбуков и ЖК-экранов) выходят из строя. Квази-синус не рекомендован при питании особо ценных бытовых приборов (плазма и аудио аппаратура, видеопроекторная техника).

Преимуществом моделей с чистой синусоидой тока 220 вольт можно назвать: Форма волн переменного тока в 220 вольт на выходе имеют очень малые единицы гармонических искажений, и не отличаются от стандартного напряжения в бытовой сети 220 вольт. Индуктивные двигатели в микроволновых печах, и в других домашних приборах, которые содержат электродвигатели, работают, нагреваясь меньше. Небольшой шум в лампах дневного света, усилителях, факсов, игровых приставок и т.д.

Меньше вероятность зависания компьютера, перебоев и шума, ошибок печати принтера.

Размеренная работа некоторых приборов, которые не функционируют с током синусоиды:

- копир, лазерный принтер и оптический дисковод
- некоторые ПК
- лампы дневного света
- инструменты с транзисторами, а также переменной скоростью вращения
- зарядные устройства для электроинструментов
- приборы, которые управляются микропроцессорами
- часы с радио (цифровые)
- швейные машинки с переменной скоростью двигателя и с контролем микропроцессора
- кислородные концентраторы и иные медицинские приборы

Инверторы с модифицированной синусоидой работают практически со всеми бытовыми электроприборами. Если необходимо обеспечить бесперебойное питание для освещения в доме, работы телевизора, холодильного оборудования, то инвертор с модифицированной синусоидой является самым экономичным решением. ИБП с чистым синусом предназначены для работы с наиболее чувствительной и дорогой аппаратурой.



**Вывод:** Все основные типы электростанций оказывают значительное негативное воздействие на природу. ТЭС загрязняют воздух, шлаки станций, работающих на угле, занимают огромные территории. Водохранилища равнинных ГЭС заливают плодородные пойменные земли, приводят к заболачиванию земель. Небезопасными оказались и АЭС.

Зеленая энергетика показывает рост. Это видно даже по практике некоторых стран, которые стимулировали развитие возобновляемых источников получения электричества, а сегодня вводят дополнительные налоги, поскольку доля «бесплатной» мощности в общей энергосистеме превышает 30%.

Будущее за использованием нетрадиционных источников энергии — энергии ветра, приливов, солнца и внутренней энергии Земли.

## ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ.

### *3.1 Особенности электроснабжения малой энергетики.*

В России и за рубежом в последнее время получили большое развитие малые системы генерации электрической и тепловой энергии, расположенные непосредственно у потребителя. Такие системы могут быть полностью автономными либо работать параллельно с централизованными электрическими и тепловыми сетями, обеспечивая снижение расходов на потребляемую энергию и резервирование питания в случае отключения централизованного энергопитания. Рассказ о них - в этой статье.

Характерной чертой конца XX — начала XXI вв. является увеличение потребления электроэнергии, как промышленными производствами, так и жилым сектором. Это связано с автоматизацией многих технологических процессов, появлением большого числа бытовых приборов с новыми функциями. В то же время следует учитывать, что большая часть потребляемой энергии вырабатывается тепловыми электростанциями, использующими в качестве топлива газ и нефтепродукты, цены на которые постоянно растут как за счет увеличения объема потребления (еще одним крупным потребителем органического топлива является транспорт, чьи нужды также постоянно растут), так и за счет исчерпания освоенных и разведанных месторождений. А разработка новых месторождений с последующим развитием инфраструктуры требует серьезных капиталовложений.

В 60-70-е годы прошлого века в России и большинстве зарубежных стран была создана мощная инфраструктура централизованных энергетических сетей для энергоснабжения промышленных потребителей и населения, однако в настоящее время наблюдается процесс ее устаревания, также требующий серьезных капиталовложений на поддержание стабильного питания потребителей. Как следствие, наблюдается ухудшение качества энергоснабжения при росте затрат на него. Поэтому в России и за рубежом в последнее время получили большое развитие малые системы генерации электрической и тепловой энергии, расположенные непосредственно у потребителя. Такие системы могут быть полностью автономными либо работать параллельно с централизованными электрическими и тепловыми сетями, обеспечивая снижение расходов на потребляемую энергию и резервирование питания в случае отключения централизованного энергопитания.

Почти 70% территории России находится в зоне, где отсутствует централизованная инфраструктура распределения тепловой и электрической энергии. Электропитание потребителей, расположенных в этой зоне, обычно осуществляется за счет применения дизель-генераторных установок (ДГУ), а теплоснабжение — за счет мазутных или дровяных котельных. При этом себестоимость производимой энергии напрямую связана с расходами на транспортировку дизельного топлива или мазута к данному потребителю

(населенный пункт, малое предприятие или базовая станция сотовой связи). Для удаленных районов со слаборазвитой инфраструктурой себестоимость электрической энергии может достигать 20-60 руб./кВт-ч при среднем тарифе для централизованных потребителей около 3 руб./кВт-ч. В этом случае одним из способов снижения затрат на энергоснабжение может стать использование местных энергоресурсов — солнца, ветра, торфа, биомассы. Исследования, проведенные Объединенным институтом высоких температур РАН и МГУ, показывают, что в ряде регионов возобновляемые источники энергии, такие как солнце и ветер, обладают весьма существенным потенциалом, позволяющим в летнее (а в ряде случаев — в осеннее и весеннее) время полностью покрыть потребности автономных потребителей тепловой и электрической энергии. Вместе с тем следует отметить, что в целом климатические условия РФ не позволяют полностью обеспечить гарантированное энергоснабжение потребителя круглый год только посредством преобразования солнечной и ветровой энергии.

Гарантированность энергоснабжения достигается за счет сохранения в составе энергоустановки теплового двигателя (ДГУ, газопоршневых установок, газовых микротурбин). При этом современное оборудование позволяет работать не только на природном газе или дизельном топливе, но и на биогазе, продуктах газификации угля и торфа (генераторном газе), газе, получаемом переработкой сточных вод.

На рис. 12 и 13 приведены схемы гибридных установок на основе ВИЭ и теплового двигателя для крупных и мелких автономных потребителей. Наибольший эффект от использования таких установок наблюдается при включении в их состав накопителей электрической энергии, позволяющих использовать избыточную выработку ветрогенераторов и солнечных батарей для работы в ночное время или покрытия пиков потребления. Это приводит к удорожанию установки, но в то же время позволяет довести экономию органического топлива до 40-50%. [3]

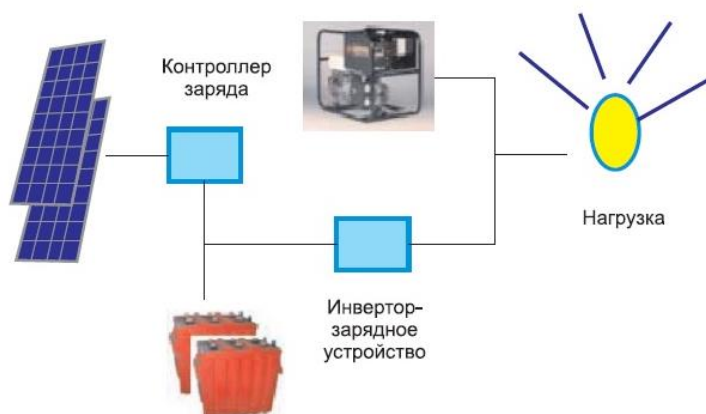


Рисунок 12 Схема гибридной установки электроснабжения

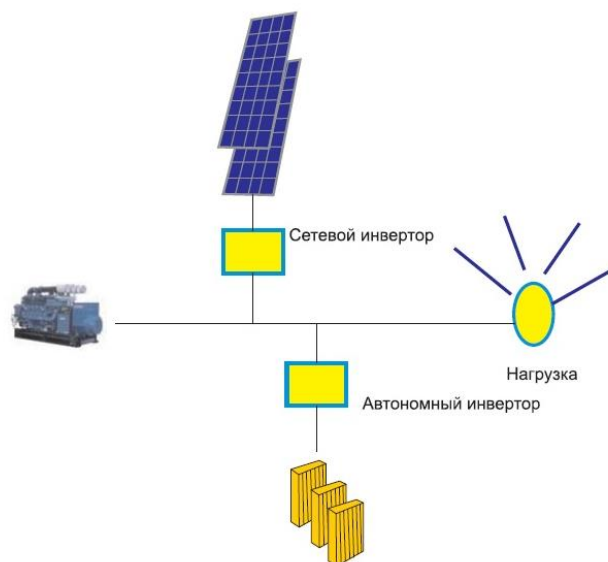


Рисунок 13. Блок схема гибридной работы электроснабжения

Аккумуляторы могут быть применены и в установках без использования ВИЭ, при этом экономический эффект достигается за счет работы теплового двигателя в номинальном режиме: все колебания потребления компенсируются блоком аккумуляторов, который поглощает избытки генерации и покрывает пики потребления. Такой режим повышает коэффициент использования топлива дизельными двигателями, а также снижает расход смазочных материалов и увеличивает ресурс. Теплоснабжение потребителя, а также задача тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения могут осуществляться за счет применения солнечных коллекторов и тепловых двигателей с утилизацией сбросного тепла. Практически все крупные современные энергоустановки на основе тепловых двигателей снабжены теплообменниками, позволяющими использовать тепловую энергию, получаемую при охлаждении двигателя или выхлопных газов. Как гибридные установки, так и установки с применением тепловых двигателей выполняются в блочно-модульном варианте, что позволяет изменять их мощность и состав в зависимости от конкретного проекта. [4]

Стоимость таких установок целиком зависит от их состава. Увеличение доли инновационных компонентов влечет за собой рост стоимости. При этом важным является подбор оптимальных соотношений первичных источников энергии (солнечных модулей, ветрогенераторов, тепловых двигателей) и системы аккумулирования. Для проведения такой оптимизации специалистами компании «Энергетические проекты» разработаны математические модели, использующие в качестве исходных данных климатические базы для выбранной местности и графики нагрузки потребителя. Такие модели позволяют формировать оптимальные конфигурации энергетической установки с учетом актуальных баз данных по фотоэлектрическим модулям, ветрогенераторам, аккумуляторам и другим ключевым компонентам.

Возможности для использования решений малой энергетики существуют и в зонах, где присутствует централизованное электро- и газоснабжение. Обычно их применение экономически оправданно в двух случаях.

Во-первых, это «слабая» сеть с частыми аварийными отключениями и низким качеством электроэнергии. В этом случае в районах с существенным потенциалом ветра или солнца целесообразно использование фотоэлектрических модулей и ветрогенераторов в качестве первичных источников энергии, работающих параллельно с сетью на блок аккумуляторов (рис. 4), который, в свою очередь, выдает энергию потребителю или заряжается от сети через инвертор — зарядное устройство. В настоящее время на рынке присутствует большое количество таких инверторов, правда, преимущественно зарубежного производства. Они могут также повышать качество электроэнергии в сети потребителя (стабилизировать напряжение и частоту тока), что позволит продлить срок службы дорогостоящей и чувствительной к качеству электроэнергии бытовой электроники. В большинстве случаев такой инвертор также позволяет обеспечить автоматическое подключение дизель-генератора или бензоагрегата при исчерпании емкости аккумуляторов и отсутствии первичных источников энергии, либо их недостаточной генерации. При недостаточном потенциале ВИЭ в районе от ветрогенераторов и фотоэлектрических модулей целесообразно отказаться, несколько увеличив блок аккумуляторов. В газифицированной местности либо местности, обладающей такими видами топлива, как отходы лесной промышленности или сельского хозяйства, целесообразно использовать газопоршневые или микротурбинные установки на газовом топливе. Обычно такое решение обходится дешевле, чем применение ВИЭ. Существует параметрический ряд технических решений, рассчитанных на разные диапазоны мощностей, начиная от индивидуальных жилых домов и заканчивая поселками и небольшими предприятиями.

### **Особенности согласования ВИЭ с существующими энергосетями**

Согласно нескольким основным технологическим направлениям ТП интеллектуальной энергетической системы России и ТП перспективные технологии возобновляемой энергетики одной из основных задач является разработка и внедрение усовершенствованных методов управления. Причем к таким системам управления предъявляются высокие требования в вопросах качества электроэнергии, унифицированности таковых систем, возможности расширения их функциональных возможностей вплоть до самостоятельного принятия решений, обучаемости, и при этом простоты использования.

Одним из перспективных направлений реализации данного подхода является развитие малой электроэнергетики, в частности использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Перечень их достаточно велик.

В работе, выполняемой по государственному заказу ГК № 16.1526.12.6016 от 11 декабря 2011 года, анализированы источники на базе ветроустановок и солнечных батарей, работающих параллельно с энергосистемой малой генерации. Очевидно, что в этом случае необходимо максимально использовать возобновляемые источники во всех режимах работы энергосистемы, в условиях случайно изменяющихся по величине скорости ветра и переменных электрических нагрузок, обеспечивая снижение нагрузки питающей линии[7,8].

Основной отличительной особенностью энергогенерирующих комплексов на базе ВИЭ является стохастический характер параметров первичного источника энергии. В большей мере это относится к гелио- и ветроэнергетике.

Необходимо оценить влияние колебания порывов ветра на ток и напряжение на выходе машинно-вентильной системы. Используя разработанную ранее модель ветроэнергетической установки (рис.2) [9,10], задавая частотой пульсаций ветра в пределах от 0.05 Гц до 1Гц, измерим амплитуды колебаний выпрямленного тока и напряжения в установившемся режиме.

Второй особенностью рассматриваемых систем является наличие у характеристик первичных преобразователей энергии выраженного максимума коэффициента полезного действия, зависящего от комбинации параметров самого источника энергии, преобразователя и питаемых потребителей, что вызывает необходимость регулирования процессов преобразования для повышения их эффективности.

Также стоит отметить необходимость оценки состояния сети, то есть, режима работы потребителей, состояния буферного накопителя, оценки запаса его мощности, необходимости зарядки.

Идеальным по согласованию работы ВИЭ с интеллектуальной энергетической системой было бы наличие системы, которая также прогнозировала бы потребление энергии в сети, для начала хотя бы на небольшой период времени. Вторым современным аспектом,, значительно увеличивающим интерес со стороны потребителей, было бы наличие возможности оценивать экономическую выгоду от использования в определенный промежуток времени того или иного типа источника и автоматического принятия решения об выборе такового[9].

На наш взгляд построение таких многозадачных и одновременно разноплановых систем логичнее выполнять на базе нечетких регуляторов, поскольку они имеют способность к обучению и в отличие от существующих общепринятых систем работают не с конкретными числами, а с массивами

данных, что позволяет более гибко подходить к вопросам оценки работы сопряженных систем.

**Вывод:** Несмотря на то, что Россия, безусловно, лучше, чем любая другая страна в мире, обеспечена собственными запасами традиционных топливно-энергетических ресурсов, развитие возобновляемых источников энергии является крайне важным стратегическим направлением будущей энергетики. Необходимость ускоренного развития ВИЭ уже сегодня в России обусловлено как потребностями в обеспечении энергетической безопасности регионов страны находящихся вне систем централизованного энергоснабжения, где многие технологии использования ВИЭ достигли уровня конкурентоспособности, так и потребностями создания надежного задела в инновационном развитии энергетики страны для будущих поколений. Если в автономной энергетике многие технологии использования ВИЭ уже сегодня могут быть вполне конкурентоспособными, то в централизованной энергетике требуется реализация мер государственной экономической поддержки по аналогии с другими странами. В этой сфере крайне важно ускорение принятия предусмотренных распоряжениями Правительства нормативных документов, стимулирующих развитие ВИЭ.

Государство должно быть заинтересованным в развитии ВИЭ и активно содействовать развитию этого нового направления в энергетике, прежде всего, путем создания стимулов для бизнеса. При этом участие государства в развитии ВИЭ не должно стать благотворительностью за счет налогоплательщика, а государственным бизнесом. Каждый затраченный бюджетный рубль на поддержку ВИЭ должен стать окупаемым, он, как показывают оценки и опыт других стран, может и должен приносить прибыль в бюджет в результате развития бизнеса.

#### ГЛАВА 4. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖНОЙ СТАНЦИИ ВСТРОЕННОЙ НА АВТОМОБИЛИ 4X4

Основной задачей данной диссертации стоит – заряд основного и дополнительного аккумулятора от энергии солнца. Как и в типичной солнечной электростанции система должна состоять из основных частей :

- Солнечных модулей
- Контролера питания
- Аккумуляторных батарей

И из дополнительного оборудования :

- Инвертор ( для перехода в переменное напряжение 220В)
- Индикатор заряда аккумуляторов

Работа возобновляемых источников энергии (ветер и солнце) обусловлена скорее погодными и климатическими условиями нежели потребностями пользователей, что делает управление и распределение электроэнергии еще более сложным. Так как работа системы зависит от климатических условий, выбор оборудования состоит в основном от локального местонахождения автомобиля, а так как автомобиль может передвигаться по разным участком с разным уровнем инсоляций то мы выберем наиболее эффективное оборудование для местности с малым уровнем инсоляций - Томская область.

##### 4.1.1 Выбор солнечного источника питания для системы заряда основного и дополнительного аккумулятора.

При рассмотрении данного вопроса было рассмотрено два варианта источника питания:

- Стандартная панель габаритом 1650 x 990 x 36
- Гибкие солнечные модули ( капот , крыша )

В качестве стандартной панели было выбрано оборудование Рязанского завода металлокерамических приборов – солнечный модуль RZMP – 270М. Характеристики данной модели солнечного модуля приведены ниже :

Номинальная мощность	270 Вт
Пиковая мощность	270 – 255 Вт
Напряжение холостого хода	38,79 В
Напряжение в точке ПМ	31,7 В
Ток короткого замыкания	8,69 А
Ток в точке ПМ	9,26 А
КПД модуля	16,6 %
Солнечные элементы	156 x 156 моно
Масса	18,5 кг



Мы исследуем солнечным потенциалом в определенной местности с использованием данного модуля. Локальное местонахождение выбрали город Томск, для получения более подробной информации об солнечной инсоляции в городе Томск воспользовались данными Национального управления по авиации и исследованию космического пространства (англ. National Aeronautics and Space Administration, сокр. NASA) .

Город Томск находится по координатам – 56 градусов 46 минут 7 секунд северной широты 84 градусов 96 минут 60 секунд восточной долготы. Зная эти параметры мы получили данные о дневной и месячной инсоляции в городе Томск.

Таблица 2 Дневной и месячной инсоляций в городе Томск усредненная за 22 года.

Месяц	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
Дневная сумма солнечной радиации кВт/м <sup>2</sup>	0,61	1,59	2,94	4,29	5,48	5,79	5,80	4,55	2,83	1,58	0,83	0,46
Месячная сумма солнечной радиации кВт/м <sup>2</sup>	18,91	44,52	88,2	132,99	164,4	179,49	179,8	136,5	87,73	48,98	24,9	14,26

Анализируя сезонные распределения энергетического потенциала, замечаем. Что инсоляция в летние месяцы более чем в 20 раз превосходит зимнюю инсоляцию.

По указанным энергетическим характеристикам солнечного модуля проведём расчет выработки электрической энергии в каждом месяце года  $W_{\text{п}}(1)$ .

Для летнего периода:

$$W = 0,5 \cdot 300 \cdot i$$

Для зимнего периода :

$$W = 0,7 \cdot 300 \cdot i$$

Где 0,5 и 0,7 поправочные коэффициенты для летнего и зимнего периода соответственно.

300 – Номинальная мощность панели  
i – Средняя дневная инсоляция

Таблица 3 - выработка электрической энергии солнечными модулями

Месяц	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
Выработка электрической энергии в течении месяца (Вт/ч)	115,29	300,51	555,66	579,15	739,8	781,61	783	614,25	382,05	213,3	156,87	86,94

Для дальнейшей работы был выбран гибкий солнечный модуль Sunways ФСМ – 200F (устанавливается на крышу автомобиля) :

Таблица 4 – Технические характеристики солнечного модуля Sunways ФСМ – 200F

Габариты	1435 x 769 x 2,5мм
Номинальная мощность	200 Вт
Номинальное напряжение	12 В
Напряжение холостого хода	47,3 В
Напряжение при работе на нагрузку	36,3 В
Ток при работе на нагрузку	6,1 А
Интервал рабочих температур	-40...+85С*
КПД модуля	20%
Солнечные элементы	Sunpower grade A моно
Масса	4 кг

Рассмотрим конкретный пример установки солнечных моделей на автомобиль 4х4

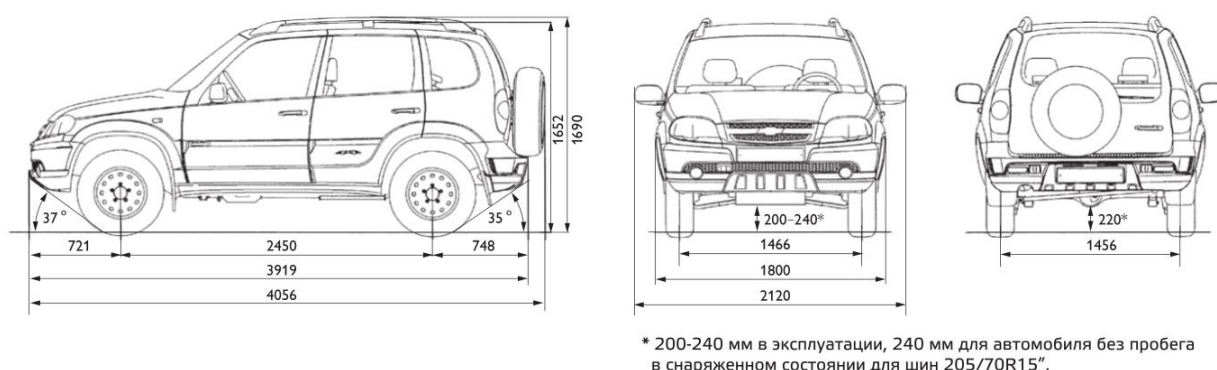


Рисунок 14. Размеры кузова Chevrolet Niva, 2123

Габариты данной модели позволяют установку гибкой солнечной панели на крыше автомобиля, плюс ко всему рассмотрим и вариант с установкой еще одной солнечной панели на капоте, габариты солнечного модуля также позволяют установку на капот.

Гибкий солнечный модуль Sunways ФСМ – 100F (устанавливается на капот автомобиля)

Таблица 4 – Технические характеристики солнечного модуля Sunways ФСМ – 100F

Габариты	1060 x 540 x 3мм
Номинальная мощность	100 Вт

Номинальное напряжение	12 В
Напряжение холостого хода	21,7 В
Напряжение при пиковой мощности	17,7 В
Ток короткого замыкания	6,1 А
Интервал рабочих температур	-40...+80С*
КПД модуля	17,6%
Солнечные элементы	Sunpower grade А моно
Масса	2 кг

Для дальнейшего расчета вырабатываемой мощности мы берем данные солнечной инсоляции города Томск и рассчитываем вырабатываемую мощность двумя панелями 300Вт.

Выработка электрической энергии в течении года солнечными модулями Sunways ФСМ – 200F и Sunways ФСМ – 100F ( соединённых последовательно)

Таблица 5 - Выработка электрической энергии в течении года солнечными модулями Sunways ФСМ – 200F и Sunways ФСМ – 100F

Месяц	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Ноя.	Дек.
Выработка электрической энергии в течении дня (Вт/ч)	128,1	333,9	617,4	674,4	822	868,5	870	682,5	424,5	237	174,3	96,6

#### 4.2.2 Выбор контролера для заряда основного и дополнительного аккумулятора.

В данной работе были выбраны контроллеры сисетем MPPT и ШИМ MPPT фирмы Morningstar SunSaver MPPT 15L характеристики данного контроллера приведены ниже :

Таблица 6 - Характеристики Morningstar SunSaver MPPT 15L

Сила тока	10А / 20А
Пиковая эффективность	97,5 %
Номинальное напряжение системы	12 , 24В
Макс. сила тока	15А
Диапазон напряжения АКБ	7-36В
Макс. мощность подключаемых панелей	200 Вт (12 В); 400 Вт (24 В)
Контроль нагрузки	15А
Собственное потребление	35мА
Типы используемых АКБ	GEL, AGM
Рабочая температура	-40...+60С

Данный контроллер подходит к подключению панелей типа RZMP – 270М и 2 солнечных модулей Sunways ФСМ – 200F и Sunways ФСМ – 100F.

#### 4.2.3 Дополнительный аккумулятор для подзарядки основного аккумулятора.

Распределение солнечной энергии при ясном небе по территории Томской области имеет выраженную широтность. Региональные особенности формирования облачности, прозрачности атмосферы, отражательной способности подстилающей поверхности нарушают широтную зональность; особенно ярко это выражено в летний период. Годовой приход суммарной радиации при реальных условиях облачности изменяется от 3850 МДж/м<sup>2</sup> на севере области до 4193 МДж/м<sup>2</sup> на юге (рис.).



Рисунок 15. Суммарная радиация (год/МДж/м<sup>2</sup>)

Максимум приходится на июль и составляет от 618 МДж/м<sup>2</sup> до 690 МДж/м<sup>2</sup>. Наименьшая суммарная радиация в декабре на севере области составляет всего 25 МДж/м<sup>2</sup>. Как и для прямой радиации, для суммарной радиации характерно резкое возрастание значений от января к февралю (увеличение в 3 раза) и от февраля к марту (увеличение в 2,5 раза), а также резкое уменьшение их от августа до ноября (уменьшение в 2 раза каждый месяц).

Важным показателем режима излучения является продолжительность солнечного сияния (рис. 16).

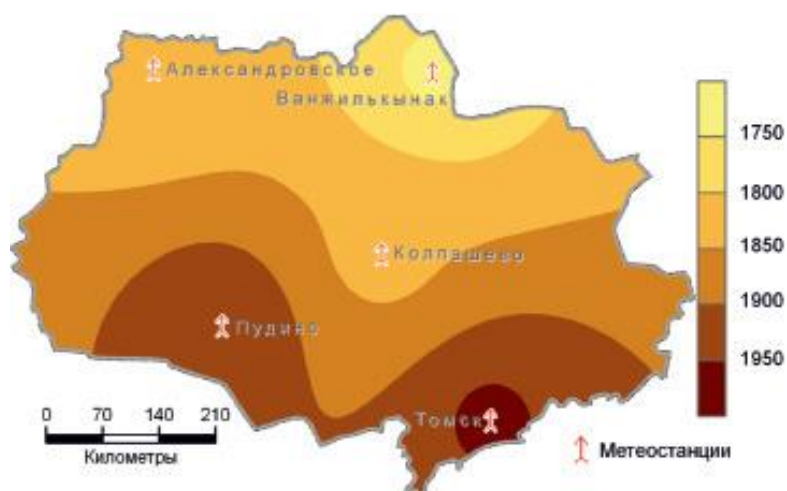


Рисунок 16. Продолжительность солнечного сияния (часов/год)

Увеличение продолжительности солнечного сияния в пределах Томской области происходит с северо-востока на юго-запад и характерно для всех месяцев года. Если на северо-востоке продолжительность солнечного сияния за год составляет 1743 часа, то на юго-западе – 1958 часов. Такой относительно небольшой разброс значений между севером и югом области в годовом выражении объясняется как существенным увеличением продолжительности светового дня на севере, так и особенностью формирования облачности в зимний и летний периоды. Средняя продолжительность солнечного сияния увеличивается от зимы к лету и в июле она наибольшая. Резкое возрастание числа часов с солнечным сиянием наблюдается в период от января к марту, что связано с увеличением продолжительности дня и с уменьшением повторяемости пасмурного состояния неба по общей облачности.[2]

Большое значение для практических задач имеет оценка непрерывной продолжительности солнечного сияния 6 и более часов в сутки. Наибольшая повторяемость такой продолжительности солнечного сияния отмечается с марта по июнь (56–51 % от общего числа случаев). В декабре и январе в Томской области повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния 6 и более часов составляет 1–8 %.

Используя все указанные характеристики, были получены прикладные индикаторы ресурсов солнечной энергии. Так, определена возможная продолжительность работы гелиоустановки в месяц при определенных значениях суммарной радиации.

Выбор аккумуляторной батареи в основном зависит от солнечной инсоляции, нет необходимости ставить батарею большой емкости при малой мощности солнечного модуля, поэтому провели расчет солнечной инсоляции в определенной местности и при определенной емкости аккумулятора. Для оптимизированной работы системы было выбрано 2 аккумуляторной батареи емкости 44А/ч и 38 А/ч, в зависимости от времен года батареи будут работать раздельно и совмещенно.

В системе подзаряда основного и дополнительного аккумулятора были выбраны аккумуляторы американского производства Optima

### Аккумуляторная батарея Optima RedTop 8022-255 U 3.7



Напряжение:	12	В
Емкость:	44	А/ч
Полярность:		прямая
Размер:	237x172x197	мм
Ток холодной прокрутки:	730	А

Технология		AGM
Примечание:	дополнительные	
боковые		клеммы
Гарантия:	3	года
Производство:	США	

### Аккумулятор Optima YellowTop 8072-176 YT R 2,7J



Напряжение:	12	В
Емкость:	38	А/ч
Полярность:		обратная
Размер:	237x129x227	мм
Ток холодной прокрутки:	460	А
Технология		AGM
Примечание:	тонкие	клеммы
Гарантия:	3	года
Производство:	США	

В период с Сентября по Март включенна в систему аккумуляторная батарея емкостью 44А/ч, в Летний период включенна в систему 2 аккумуляторной батареи суммарной мощностью 82 А/ч. Ниже приведенны результаты расчета необходимой мощности аккумуляторных батареи с гибкими солнечными модулями при инсоляций Томской области - Sunways ФСМ – 200F и Sunways ФСМ – 100F.

При емкости 82 А/ч заряд аккумулятрной батареи актуален только в период с апреля до середины сентября.

Таблица 7 – Заряд необходимый для заряда аккумулятора емкости 82 А/ч

Месяц	Коэффициент инсоляции	Мощность солнечной панели (КВт)	Необходимый заряд аккумулятора (КВт)
Январь	0,61	0,1281	0,6888
Февраль	1,59	0,3339	0,6888
Март	2,94	0,6174	0,6888
Апрель	4,29	0,6435	0,6888
Май	5,48	0,822	0,6888
Июнь	5,79	0,8685	0,6888
Июль	5,8	0,87	0,6888
Август	4,55	0,6825	0,6888
Сентябрь	2,83	0,4245	0,6888
Октябрь	1,58	0,237	0,6888
Ноябрь	0,83	0,1743	0,6888
Декабрь	0,46	0,0966	0,6888

В период упада солнечной инсоляций одна аккумуляторная батарея выводится из системы, переходит в работу с аккумуляторной батареи 44А/ч.

Таблица 8 – Заряд необходимый для аккумуляторной батареи 44А/ч

Месяц	Коэффициент инсоляции	Мощность солнечной панели	Необходимый заряд аккумулятора
Январь	0,61	0,1281	0,3696
Февраль	1,59	0,3339	0,3696
Март	2,94	0,6174	0,3696
Апрель	4,29	0,6435	0,3696
Май	5,48	0,822	0,3696
Июнь	5,79	0,8685	0,3696
Июль	5,8	0,87	0,3696
Август	4,55	0,6825	0,3696
Сентябрь	2,83	0,4245	0,3696
Октябрь	1,58	0,237	0,3696
Ноябрь	0,83	0,1743	0,3696
Декабрь	0,46	0,0966	0,3696

Данное переключение аккумуляторных батарей позволит продолжить требуемую работы системы до середины ноября.

Таблица 9 – Потребление электрической энергии бытовыми приборами

Бытовой прибор	Электропотребление (Вт)
Ноутбук	45
Холодильник	188
LED телевизор	100

Стереосистема	60
Принтер	40
Зарядка для мобильного телефона	4
Беспроводной роутер Wi-Fi	7
Электрическая лебёдка	1100
Чайник электрический 12в	120

### 4.3 Схемы подключения аккумуляторов

Цикличность заряда-разряда идет не на пользу самой батарее, со временем ее заряд уменьшается, то есть батарея потихоньку разряжается, полностью восстановить количество энергии от генератора не удастся, в конечном итоге заряда батареи уже не будет хватать для запуска мотора. При правильном обслуживании и своевременном уходе за аккумулятором этих проблем можно избежать, а также продлить срок службы устройства.

Так как в работе используется разные технологии аккумуляторной батареи, то технология заряда разная.

Для качественного заряда стартерного кислотного-свинцового аккумулятора необходимо :

- Периодически проверять плотность электролита. Это можно сделать с помощью специального прибора. Прибор для проверки плотности - Ариометр. В идеале плотность должна составлять 1,25-1,27 г/см<sup>3</sup> при температуре +25, а плотность в банках аккумулятора не должна отличаться больше, чем на 0,01 г/см<sup>3</sup>.
- Выставить ток на контроллере заряда. Ток должен быть равен строго одной десятой от ёмкости вашего аккумулятора, например, если ёмкость 65 А-ч, ток должен быть не больше 6,5А на зарядном устройстве. При глубокой разрядке аккумулятора эти показатели должны быть уменьшены до 1,5А – 2А.

В летнее время электролит выкипает быстрее, а находящиеся на открытом воздухе пластины подвержены разрушению, поэтому необходимо периодически проверять уровень электролита.



## Вариант 1



Рисунок 17 Вариант 1

В этом варианте задействованы два аккумулятора 65 и 60 А/ч, ШИМ контроллер, солнечные модули. ШИМ контроллер отлично поддерживает заряд аккумуляторов в течении светового дня как при параллельной работы аккумуляторных батарей, так и при раздельной работе. При параллельной работе емкость аккумуляторов увеличивается, и запуск двигателя в холодный период времени проходит достаточно легко. При раздельной работе система делится на две независимые части – генератор – аккумулятор, солнечные модули, ШИМ контроллер и аккумулятор. При необходимости аккумуляторы соединяются в параллельную цепь при помощи обычного переключателя который можно вмонтировать на панель приборов в салоне.

## Вариант 2

В данном варианте рассматривается параллельная работа систем с отличающейся технологии аккумуляторных батареи. Так как при пуске двигателя развиваться большие пусковые токи (стартерные), где сила тока в летний период достигает 200 ампер, а в зимний 300 ампер. У аккумуляторных батареи с технологии GEL и AMG имеют пусковые токи меньше чем у кислотнo-свинцовых аккумуляторов поэтому затрудняют процесс запуска двигателя, особенно в зимний период. Так же их совмещение в параллельную работу не рекомендуется, поэтому они разделены на работу двух систем которые видны на рисунке:



Рисунок 18 Вариант 2

Установка дополнительного аккумулятора во внедорожниках обычно сопровождается установкой с электрическими лебёдками. А также в машину монтируют дополнительное оборудование которое потребляет большое количество электрической энергии.

Подзаряд основного аккумулятора в данном варианте проходит напрямую с контроллера. Как только на контроллер попадает сигнал о разряде аккумуляторной батареи, то начинается процесс заряда соответствующим напряжением и силой тока. В то время как автомобиль находится в движении и основной аккумулятор заряжается от генератора, дополнительный аккумулятор заряжается от солнечного модуля. В такой системе зачастую будет происходить переизбыток энергии и поэтому предусмотрена система балластной разгрузки в виде нагрузки – инвертора или включение дополнительных фар.

### Вариант 3

В данном варианте предусмотрена параллельная работа аккумуляторов. Но на момент пуска двигателя включение дополнительного аккумулятора осуществляется с помощью поляризованного реле.



Рисунок 17 Вариант 3

В системе параллельная работа аккумуляторов очень эффективна, особенно в зимний период времени, когда на момент остановки автомобиля производится переключение реле и помимо заряда основного аккумулятора с солнечного модуля происходит заряд от дополнительного аккумулятора.

**Вывод:** В данной главе представлены компоненты необходимого оборудования и расчет генерируемой мощности солнечными панелями. Выбраны солнечные модули общей мощностью в 300 ватт. Определены оптимальные аккумуляторные батареи с емкостью для подзаряда основного аккумулятора. Выбрана оптимальная схема для заряда основного и дополнительного аккумулятора от энергии солнца.

## ГЛАВА 5 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

### 5.1 Моделирование Солнечной батареи

Фотоэлектрическая (PV) модель генератора обычно основана на электрических характеристиках, то есть, текущее отношение напряжения, ячейки под различными уровнями излучения и при различной температуре ячейки. Самая простая эквивалентная схема солнечной батареи - текущий источник параллельно с диодом. Вывод текущего источника прямо пропорционален к свету, падающему на фототок ячейки ( $I_{ph}$ ). Во время темноты солнечная батарея не активна; она работает как диод, то есть p-n переходом. Это не производит ни тока, ни напряжения. Таким образом математическая модель фотоэлектрического генератора основана на эквивалентной схеме одного диода, показанного на Рис.1 [3]

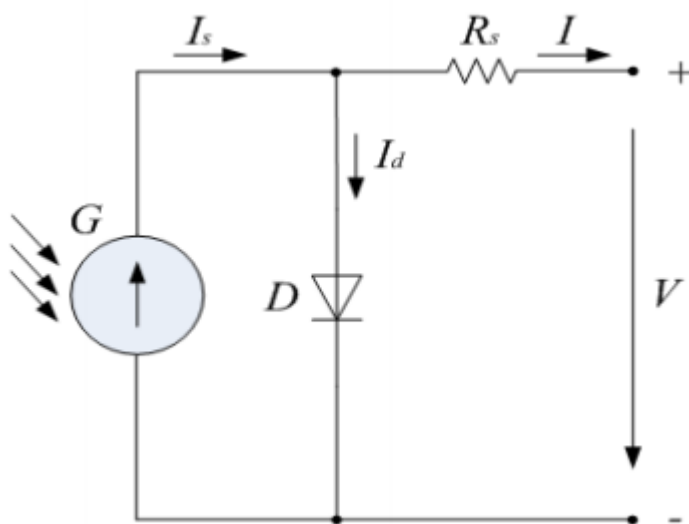


Рисунок 18 эквивалентная схема солнечной батареи

Математическое моделирование начинается с построение модели солнечных модулей в MathLab simulink. На рисунке изображена блочная схема исследуемой модели :

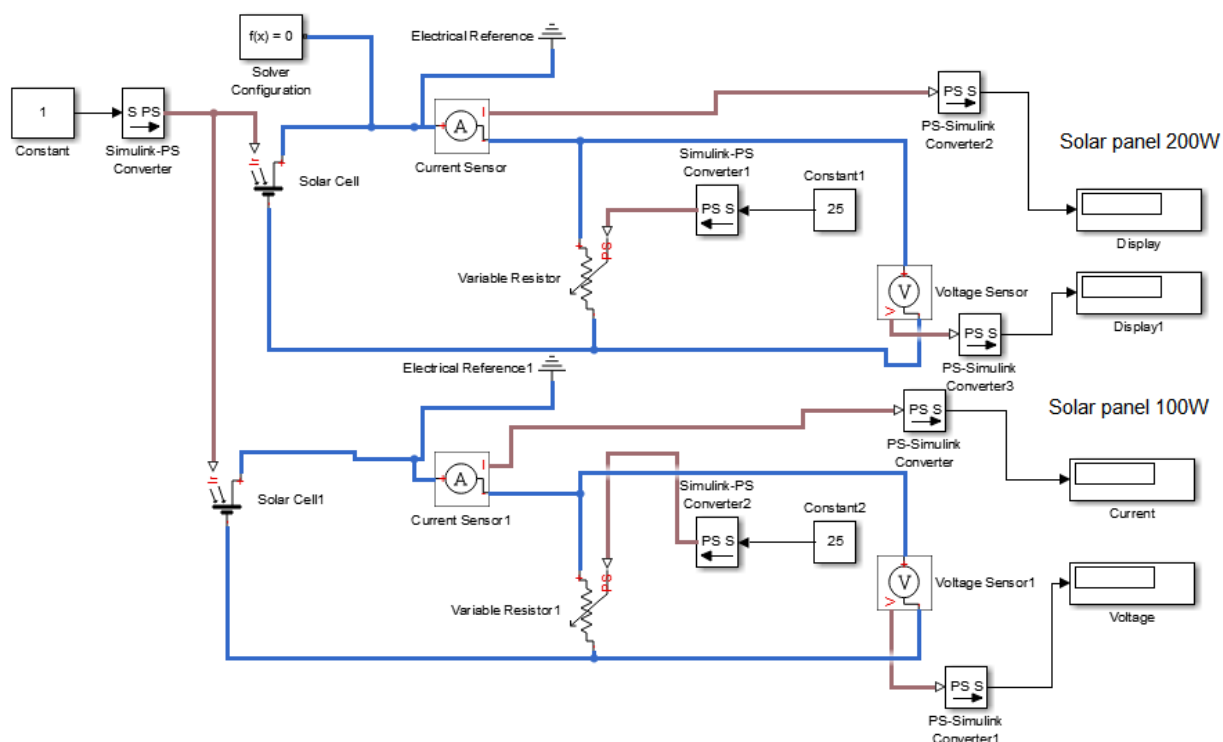


Рисунок 19 Блочная схема солнечных модулей

Для того чтобы осуществить симуляцию данной модели необходимо проверить модель при солнечной инсоляции в  $1000 \text{ Вт/м}^2$ . Для это блок «Constant» переименовываем в «Irradiance» и задаём значение 1000.

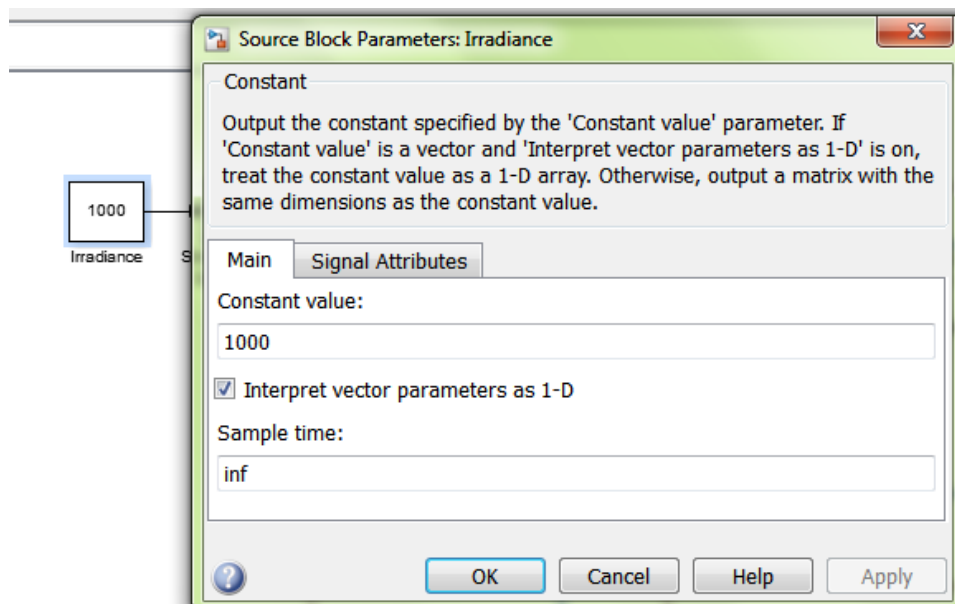


Рисунок 20 Внесения параметра инсоляции

Для параметров солнечной панели достаточно вести значения напряжения холостого хода солнечной ячейки и ток короткого замыкания

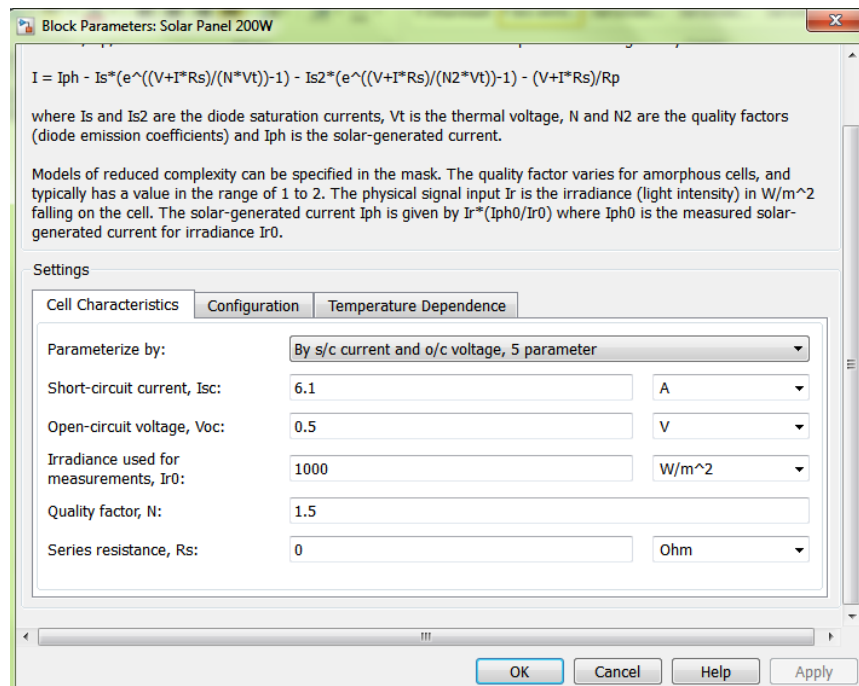


Рисунок 21 Параметры солнечной ячейки

Как видно на рисунке при солнечной инсоляции в  $1000 \text{ Вт/м}^2$  солнечный элемент выдает 0,5 вольт. Далее необходимо указать количество солнечных ячеек, гибкая солнечная панель которая расположена на крыше внедорожника содержит 60 солнечных ячеек и выдает примерно 30 Вольт.

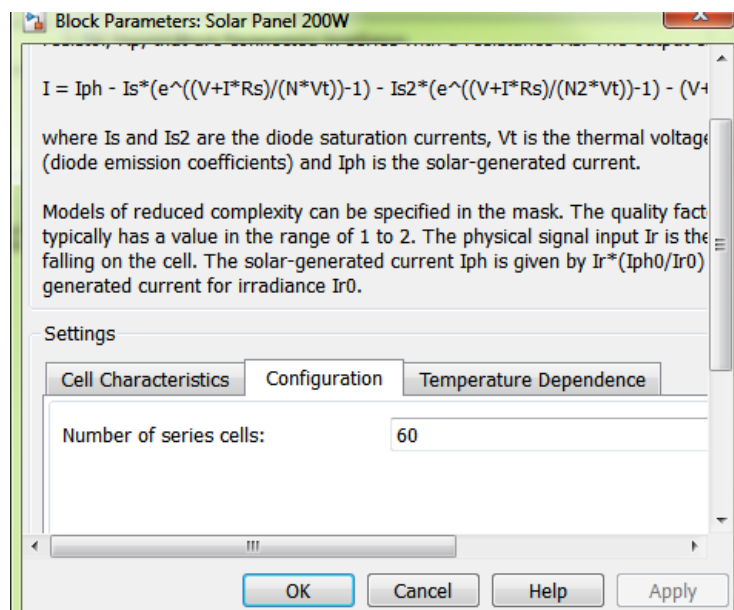


Рисунок 22 Количество солнечных элементов

Для каждой физической сети, представленной связанной блок-схемой Simscape, требуются данные настройки решателя для моделирования. Блок конфигурации «Solver configuration» определяет параметры решателя, которые необходимы вашей модели, прежде чем вы сможете начать имитацию. Каждая топологически отличная блок-схема Simscape требует, чтобы к ней был подключен один блок конфигурации «Solver configuration».

На схеме также установлены амперметры и вольтметры для измерения силы тока и напряжения соответственно.

После первой симуляции снимаем характеристики холостого хода солнечных модулей :

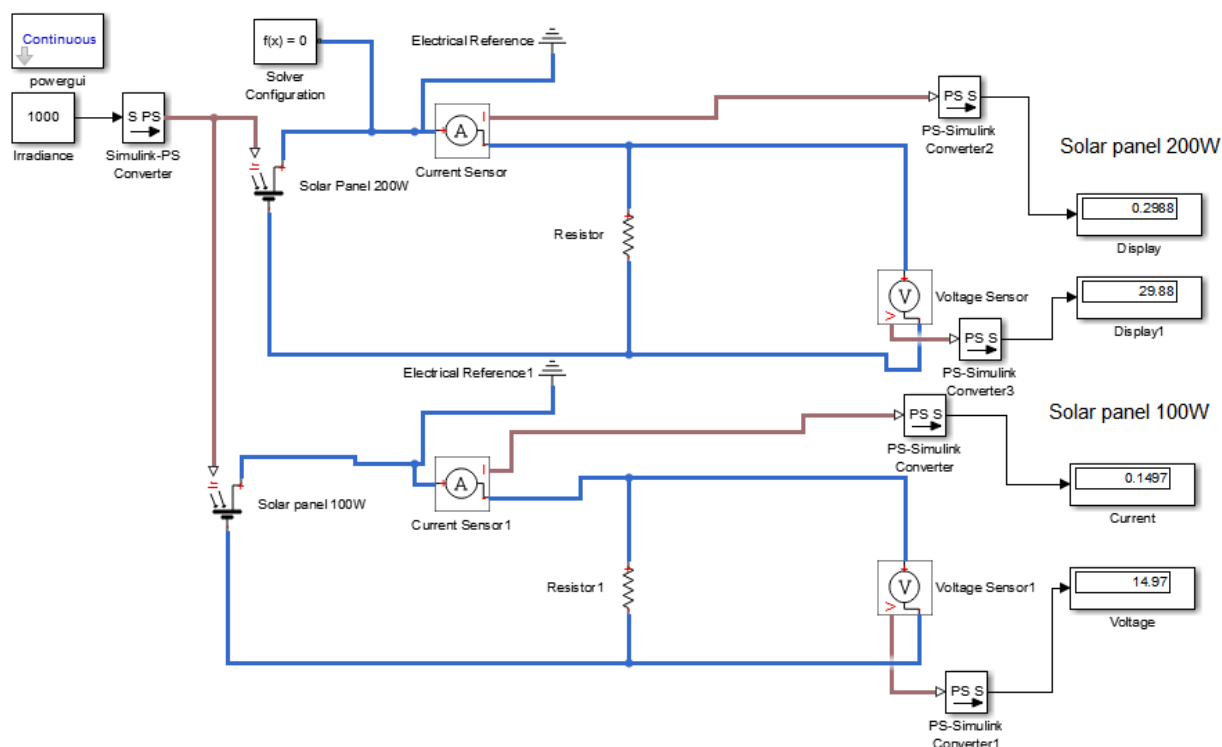


Рисунок 23 Первая симуляция

После первой симуляции видно что напряжение солнечных модулей соответствует техническим характеристикам заявленным производителем, при отсутствии нагрузки напряжения солнечных модулей 29,8 и 14,9 вольт соответственно.

Далее необходимо солнечные модули для общей сети – 300W. Для того чтобы ограничить нагрев проводника солнечные модули подключаем последовательно и образуем общую сеть мощностью 300Вт.

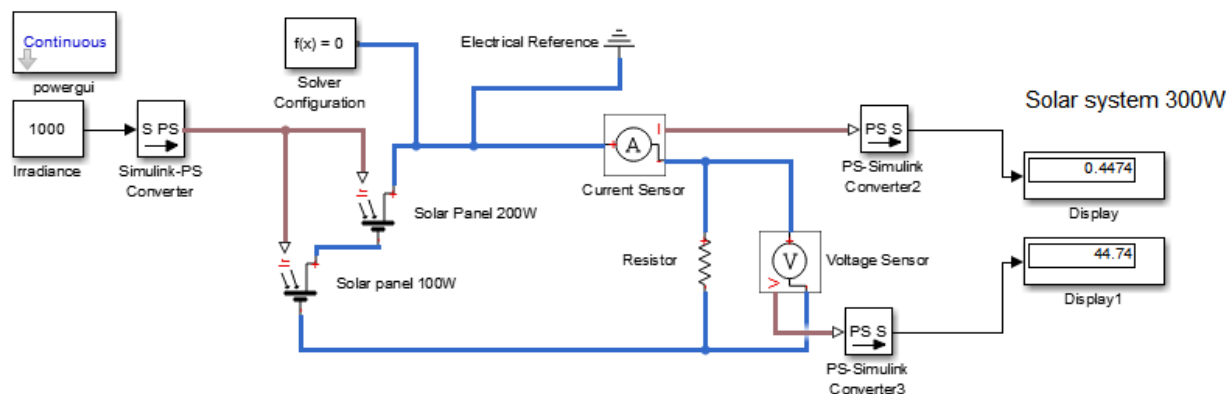


Рисунок 24 Система 300Вт

Далее с имитируем установку в летний период времени при солнечной инсоляции  $5700 \text{ Вт/м}^2$  ( город Томск июль месяц). В окне «Irradiance» вводим необходимое количество солнечной радиации :

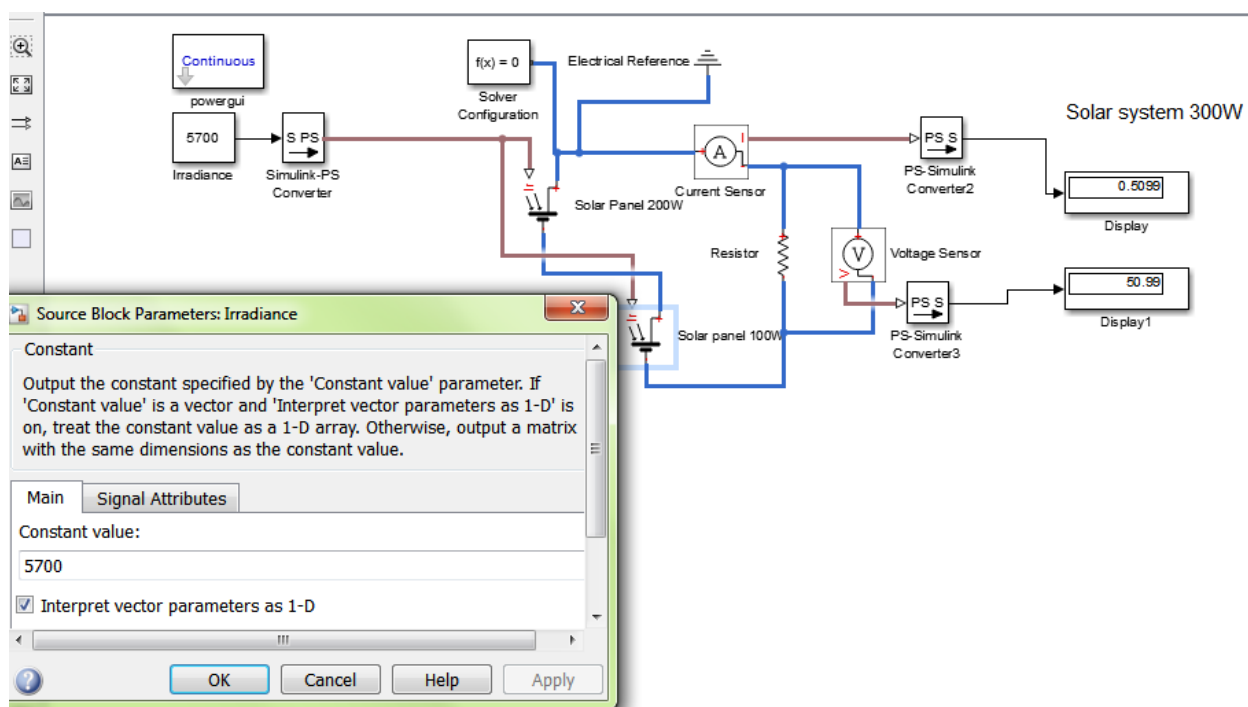


Рисунок 25 Имитация солнечной установки в летний период времени

При максимальной инсоляции в летний период времени установка выдает 50 вольт. При таких параметрах необходимо выбрать необходимый контроллер заряда не менее 50 вольт входное напряжение.

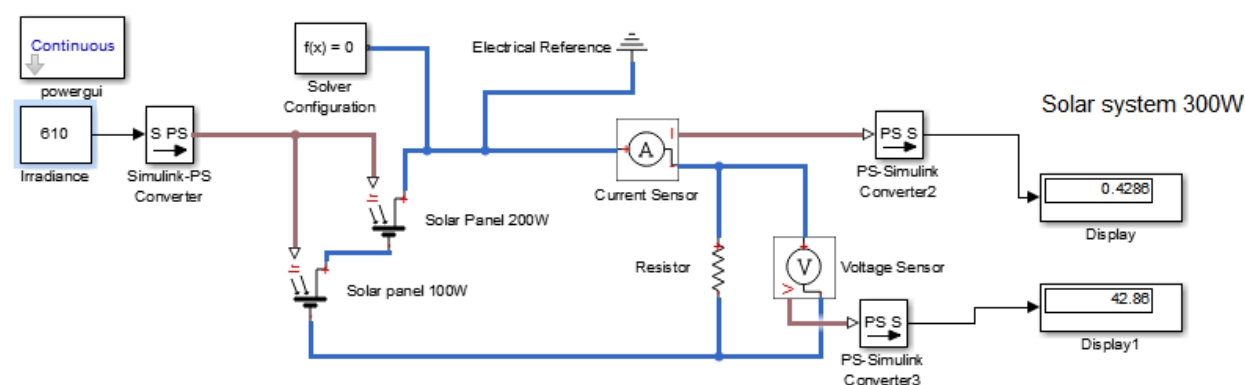


Рисунок 26 Имитация установки в зимний период времени

Как видно с рисунка что при зимней средней инсоляции в городе Томск (декабрь месяц) в  $610 \text{ Вт/м}^2$  напряжение холостого хода в системе достигает 42 вольт. Далее для изучения более детальных характеристик в MathLab



Simulink были выведены графики V-I curve (с англ. Вольт-амперные характеристики).

## 5.2 Вольт-амперные характеристики солнечной станции 300W

Солнечные электростанции, в основу работы которых положен принцип прямого преобразования энергии солнечного излучения в электричество, заняли прочные позиции в общей системе энергообеспечения Земли. С каждым годом мощности этих энергоустановок растет.

Важнейшим параметром является вольт-амперная характеристика солнечной батареи. В сущности, речь идет о параметрах каждой отдельно взятой ячейки, входящей в состав батареи. Ведь мощность модуля в целом – это суммарная мощность ячеек, из которых он состоит.

В общем случае вольт-амперная характеристика (с англ. I-V curve) – это зависимость тока, протекающего через электрическую цепь от напряжения, приложенного к этой цепи. В случае солнечной батареи эта характеристика рассматривается при наличии дополнительных условий, которые в мировой практике были стандартизированы и применяются сейчас при проектировании всех подобных систем во всем мире. Согласно этим стандартам ВАХ солнечных элементов определяется при мощности излучения солнца равной 1000 ватт на один квадратный метр. При этом температура элементов должна быть равна  $+25^{\circ}\text{C}$ , а измерения должны производиться на широте  $45^{\circ}$ .

При построении графиков внесем изменения в ранее построенную блок-схему. Для упрощения рабочего окна совместим солнечные модули 200 и 100 ватт в одну систему

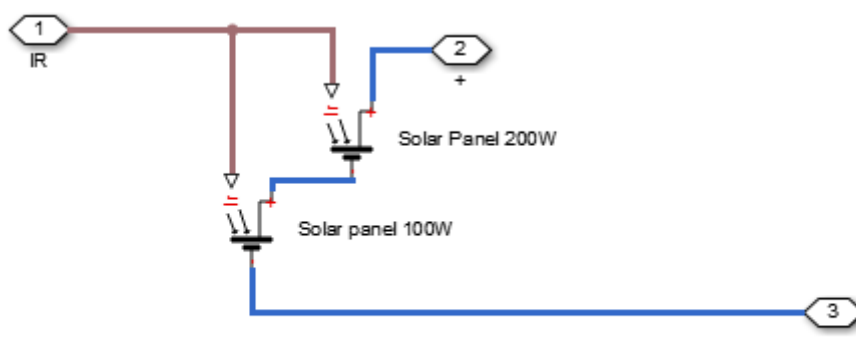


Рисунок 27 Subsystem

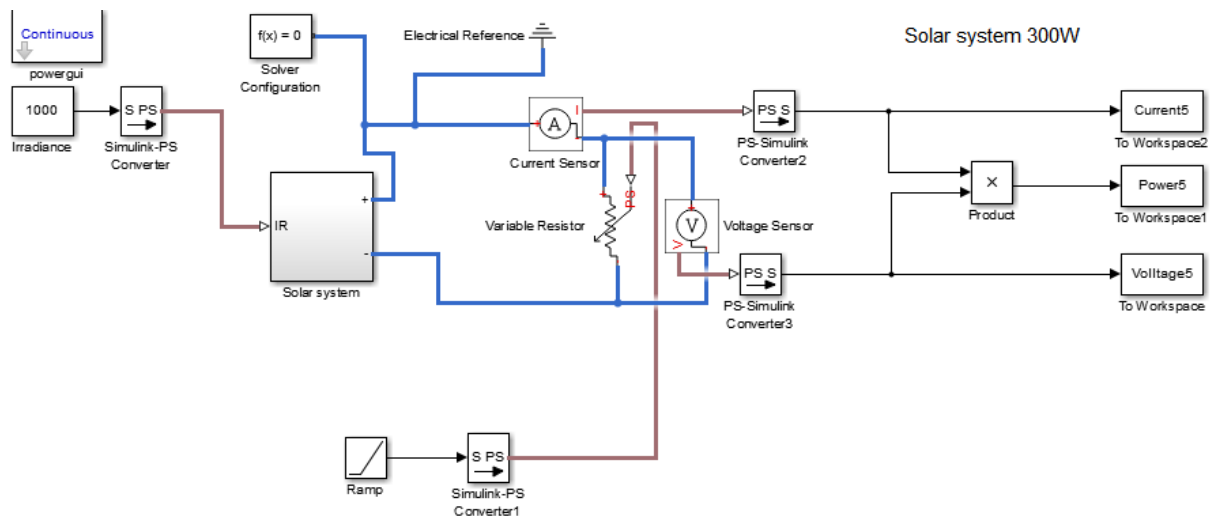


Рисунок 28 Блок- схема для вывода ВАХ

Для определения рабочих параметров солнечной системы 300W на графике показана кривая, характеризующая мощность исследуемого фотоэлектрического элемента. Этот график является функцией мощности ячейки в зависимости от нагрузки. Из графика следует, что номинальная мощность того или иного элемента определена как максимально возможная мощность при стандартных исходных параметрах. Напряжение, при котором достигается максимальная мощность, является рабочим напряжением и обозначается  $U_p$ . Соответственно ток, соответствующий максимальной мощности, является рабочим и обозначается  $I_p$ .

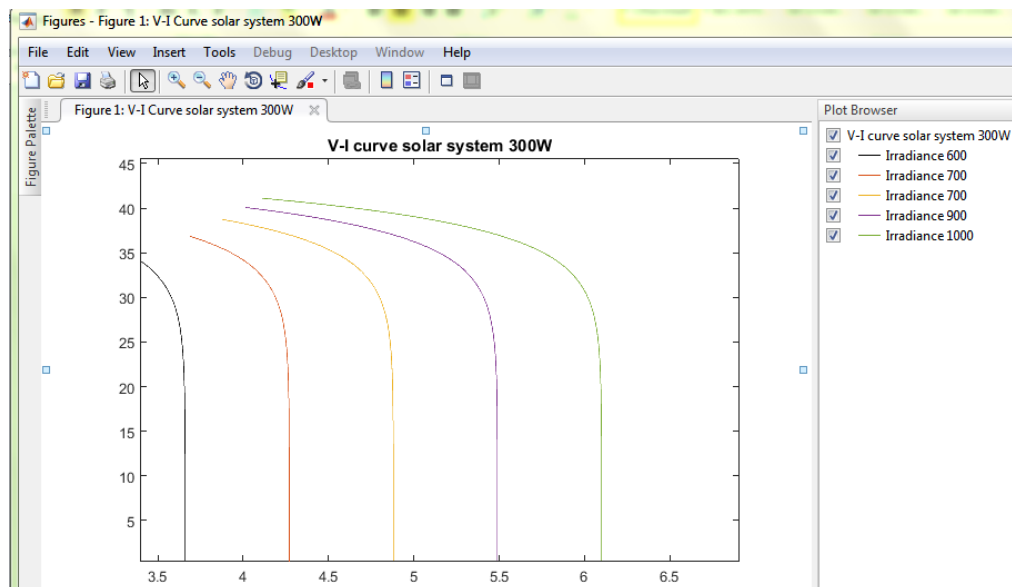


Рисунок 29 ВАХ солнечной системы 300W

### 5.3 Мощностная характеристика солнечной системы

Для сравнения различных моделей фотоэлектрических модулей между собой и с изделиями других производителей используется параметр номинальной мощности солнечной батареи.

Это означает, что солнечный модуль будем вырабатывать мощность не менее номинальной мощности, в солнечный день при соблюдении определённых условий:

- Освещенность не менее 1000 Ватт \*м<sup>2</sup>;
- Ориентация строго на Юг и под углом, соответствующим азимуту;
- Окружающая температура воздуха 25°С;
- Отсутствие затенений и другие менее значительные.

Для вывода мощностной характеристики необходимо добавить несколько новых блоков :

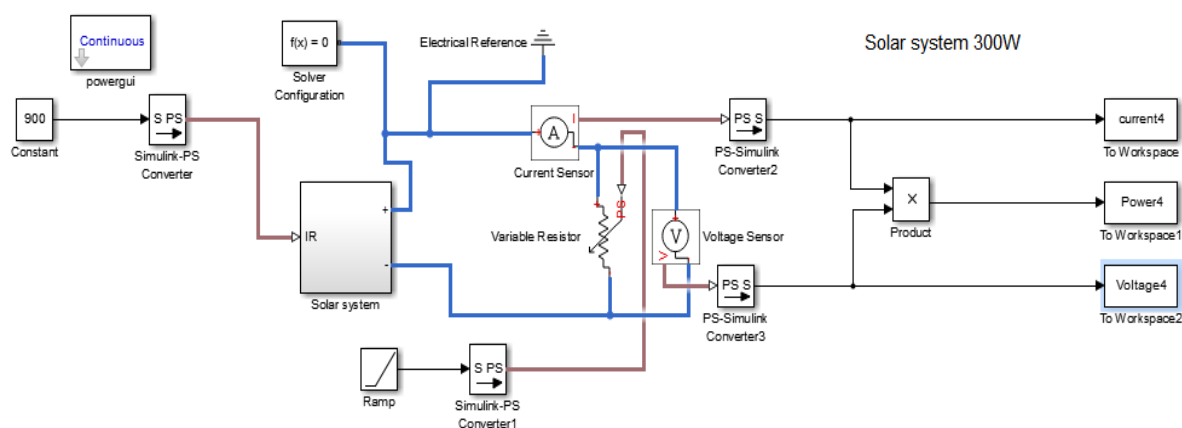


Рисунок 30 Схема вывода мощности солнечной системы

Блок To Workspace вводит сигнал и записывает данные сигнала в рабочее пространство. Во время моделирования блок записывает данные во внутренний буфер. Когда симуляция завершена или приостановлена, эти данные записываются в рабочую область. Данные недоступны до тех пор, пока симуляция не будет остановлена или приостановлена. Для моделирования на основе меню данные записываются в базовое рабочее пространство MATLAB. Команда `sim` в функции MATLAB отправляет данные, зарегистрированные с блоком To Workspace, в рабочее пространство вызывающей функции, а не в рабочую область MATLAB (базовая). Чтобы отправить зарегистрированные данные в базовую рабочую область, используйте команду `assignin` в этой функции.

Для вывода мощностной характеристики было проведено 5 симуляции при инсоляции от 500 до 1000 Вт/м<sup>2</sup>. При каждой новой симуляции необходимо задавать в блоке «const» количество солнечной инсоляции и менять название переменных «current», «power», «voltage». Также необходимо учитывать продолжительность симуляции, для более точного вывода графика необходимо задавать время «150» секунд.

Для вывода графиков необходимо в командной строке ПО MathLab ввести команду вывода графика :

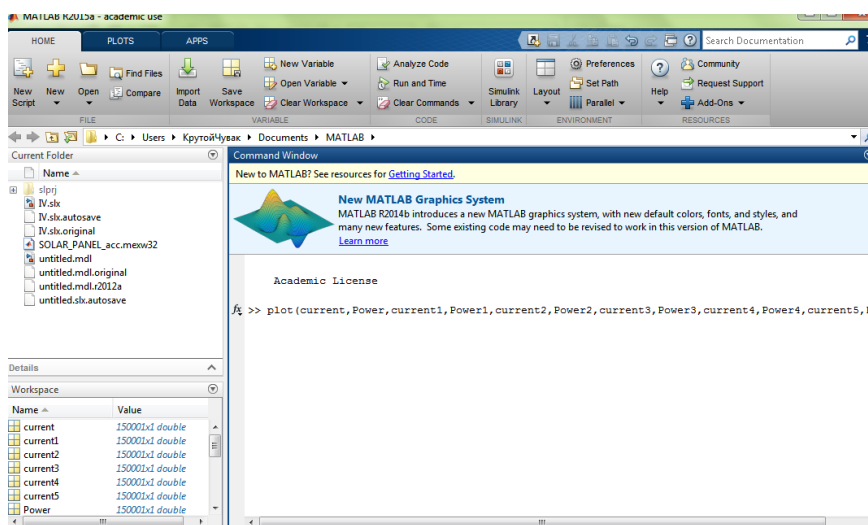


Рисунок 31 Вывод графиков мощности

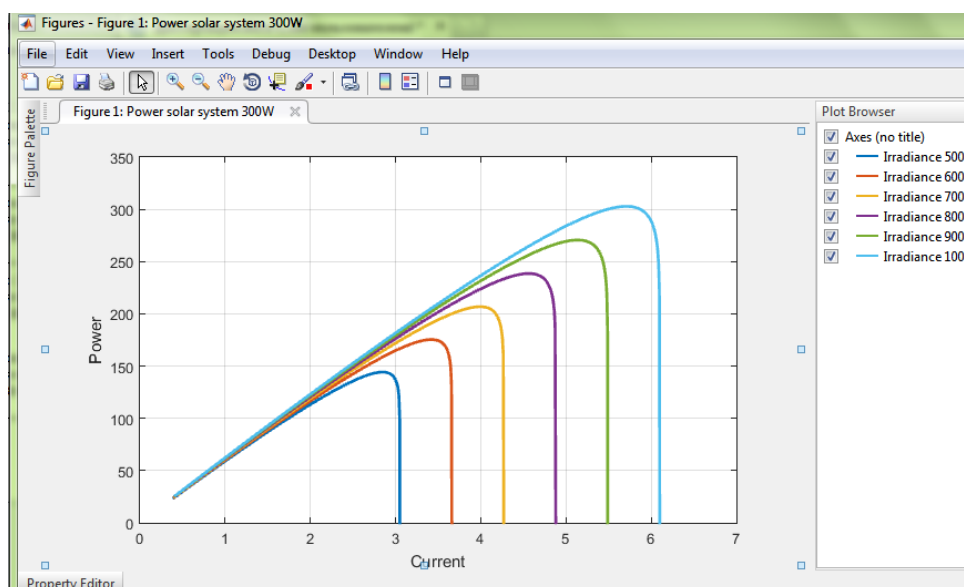


Рисунок 32 Мощностная характеристика солнечной системы 300W

При построении графиков необходимо выбрать оси абсцисс и координат. Ось абсцисс «Power», ось координат «Current». Из графиков видно что при инсоляции в  $1000 \text{ Вт/м}^2$  мощность солнечного модуля соответствует 300Ватт – номинальное значение двух солнечных модулей соединенных последовательно и токе короткого замыкания 6,1 ампер. При солнечной инсоляции в  $500 \text{ Вт/м}^2$  мощность солнечной системы снижается до 145 Вт.

## 5.4 Подзарядка основного аккумулятора

Во главе математическое моделирование дополнена схема имитаций заряда аккумуляторных батарей на разряд и заряд. На рисунке изображены 2 аккумуляторные батареи и логика переключений выключателей, а также 3 осциллографа. Battery-1 – основная аккумуляторная батарея, которая установлена под капотом автомобиля. Battery -2 – дополнительный источник энергии который заряжается в дневное время суток от энергии солнца. Score 1 – осциллограф на разряд аккумуляторной батареи, Score 2 - осциллограф на заряд аккумуляторной батареи. Score снимает показатели с нагрузки установленной снизу блок схемы.

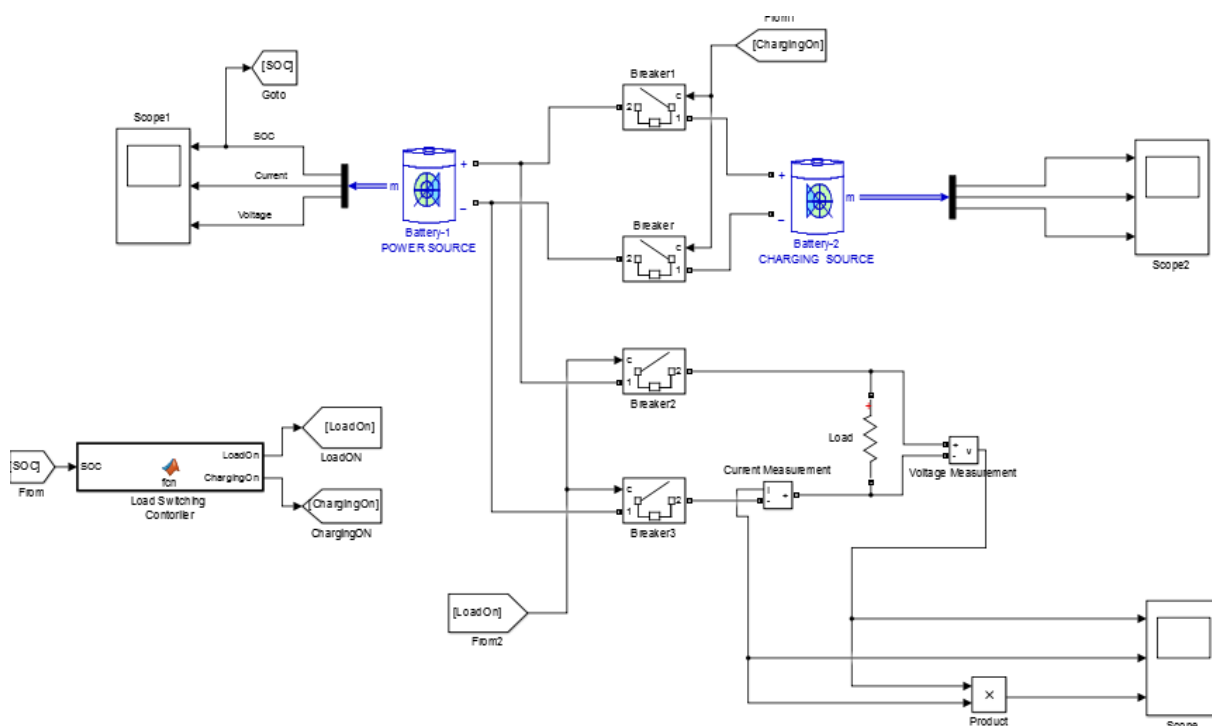


Рисунок 33 Блок схема подзаряда основного аккумулятора

Схема состоит из батареи 1 – в качестве основного аккумулятора обычный никель-кадмиевый аккумулятор емкостью в 77А/ч. Номинальное напряжение 12 вольт. Характеристики аккумуляторной батарей приведены ниже

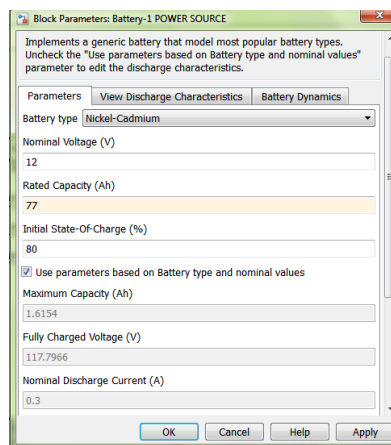


Рисунок 34 Параметры основной аккумуляторной батареи

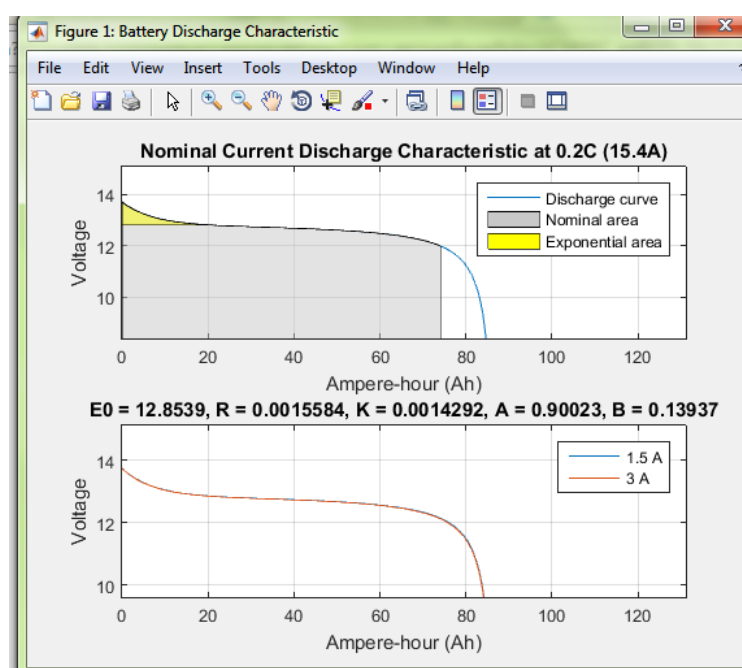


Рисунок 35 Характеристики разряда основной аккумуляторной батареи

Во втором дополнительном аккумуляторе Battery -2 будем вводить параметры аккумуляторов Optima YellowTop 8072-176 и Optima RedTop 8022-255. В первой имитации проводим с 2 аккумуляторами соединёнными параллельно для увеличения ёмкости. Имитация летнего периода времени где происходит избыток электрической энергии за счет активности солнца. Общая ёмкость аккумуляторов 82 А/ч.

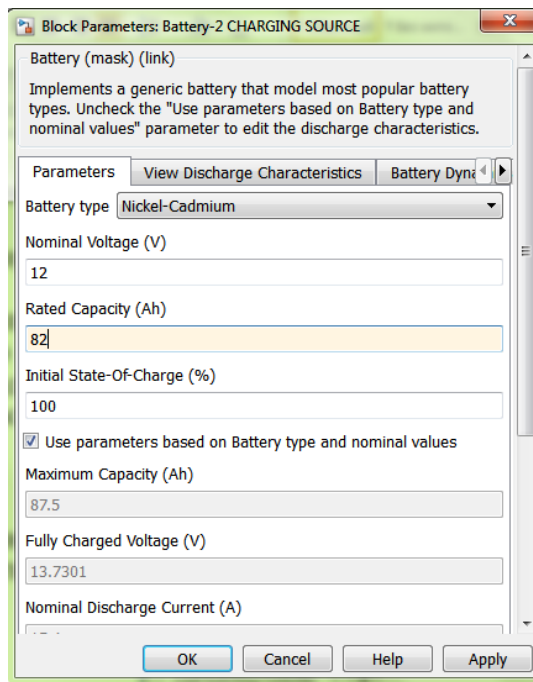


Рисунок 36 Параметры дополнительной аккумуляторной батареи

При этом как можем наблюдать полный заряд дополнительной аккумуляторной батареи (~12,9 В).

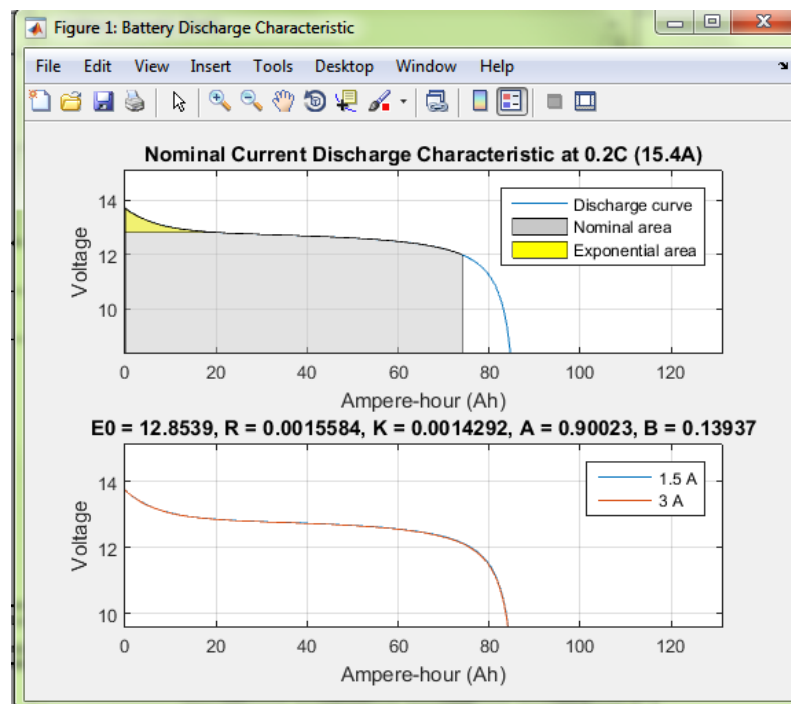


Рисунок 37 Характеристики разряда дополнительных аккумуляторных батарей

Также при имитаций заряда и разряда аккумуляторных батарей нам необходим блок управления выключателями :

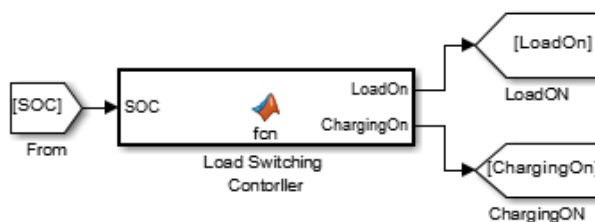


Рисунок 38 Блок управления выключателями

На блок схеме происходит имитация заряда и разряда аккумуляторной батареи. Логика выключателей приведена ниже:

```

Editor - Block: BatteryChargingDischarging/Load Switching Controller
Load Switching Controller
1  function [LoadOn, ChargingOn] = fcn(SOC)
2  %#codegen
3  LoadOn=1;
4  ChargingOn=0;
5  if (SOC >=80)
6  LoadOn=1;
7  ChargingOn=0;
8  end
9
10 if (SOC<40)
11 LoadOn=0;
12 ChargingOn=1;
13 end
14

```

Рисунок 39 Логика включения и выключения выключений

SOC - Степень заряда аккумулятора (State of Charge) при заряде аккумуляторной батареей более 80% заряд от дополнительной батареей прекращается. При разряде дополнительной батареей более 40% перестает поступать заряд на основной аккумулятор.

### Имитация параллельной работой дополнительных аккумуляторов

Для имитаций разряда аккумулятора мы подключаем дополнительный блог – нагрузка эквивалентом в (300Вт) имитация работы системы в ночное время суток с использованием инвертора и бытовых приборов.



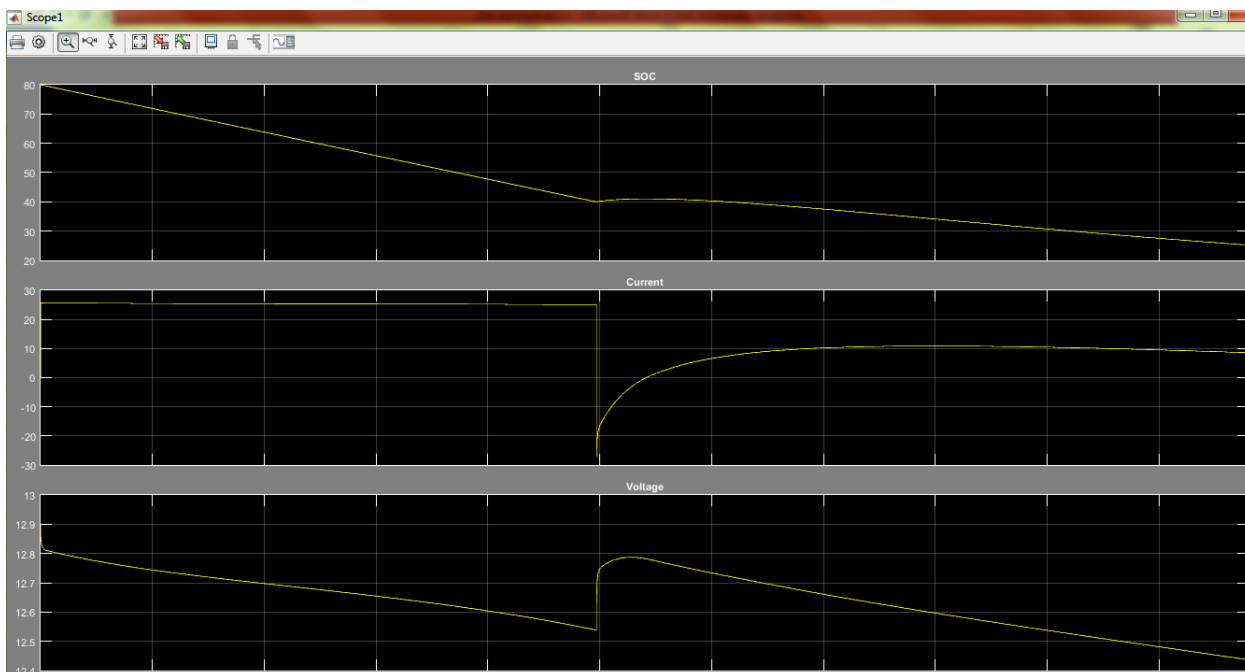


Рисунок 40 Scope 1

На данной осциллограмме изображены три параметра - SOC - Степень заряда аккумулятора (State of Charge), current – сила тока , voltage – напряжение

Время симуляций 10800 секунд – что соответствует 3 часам. На 4970 секунде 1 ч 22 минуты наблюдается переходный процесс – включение дополнительного аккумулятора и поддержания работы системы. Степень заряда очень быстро снижается по истечении времени в 1ч 22 минуты, затем после включения дополнительного аккумулятора наблюдается более медленный спад заряда аккумулятора. Разряд до с 80-40% в течении 1ч 22м, затем с 40% до 25% в течении следующих 1ч и 38 минут.

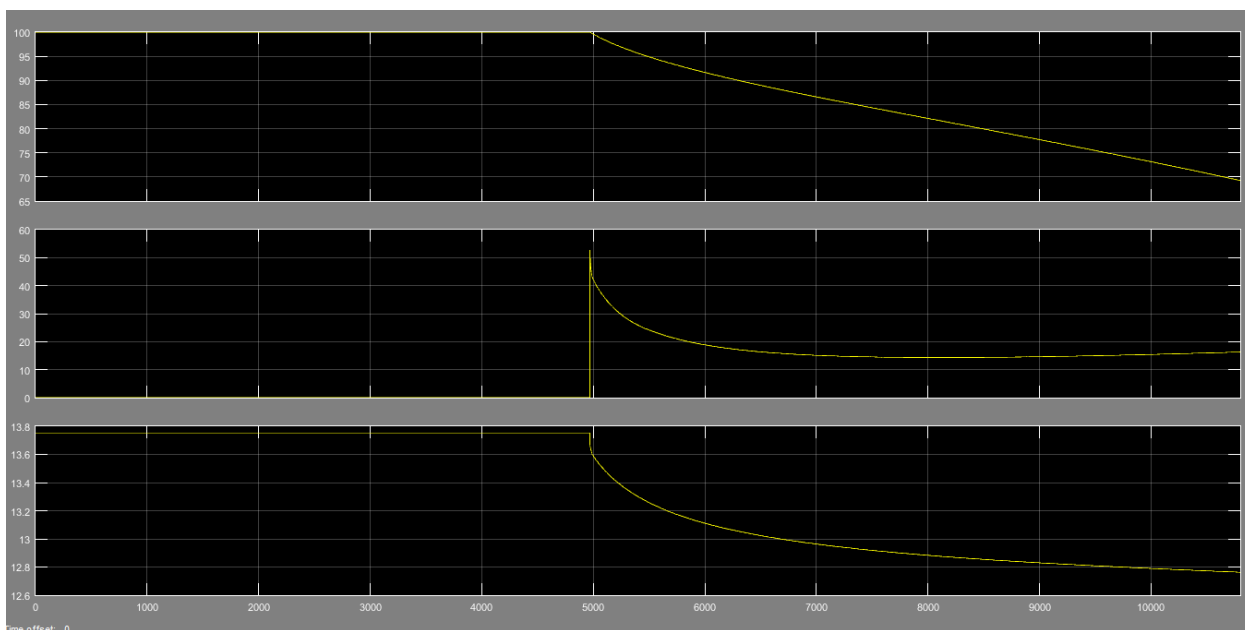


Рисунок 41 - Scope 2

Из осциллограммы можно наблюдать за показаниями дополнительного аккумулятора. На данной осциллограмме изображены три параметра - SOC - Степень заряда аккумулятора (State of Charge), current – сила тока, voltage – напряжение. На первой осциллограмме SOC в течении 1ч 22 минут не происходит каких либо изменений в показаниях – заряд остаётся на уровне 100%, а затем идет на медленный спад до отметки в 68% заряда аккумулятора. Напряжение спадает до отметки в 12,75В что дополнительный аккумулятор способен запустить двигатель при автономной работе установки в течении 3 часов без подзарядки.

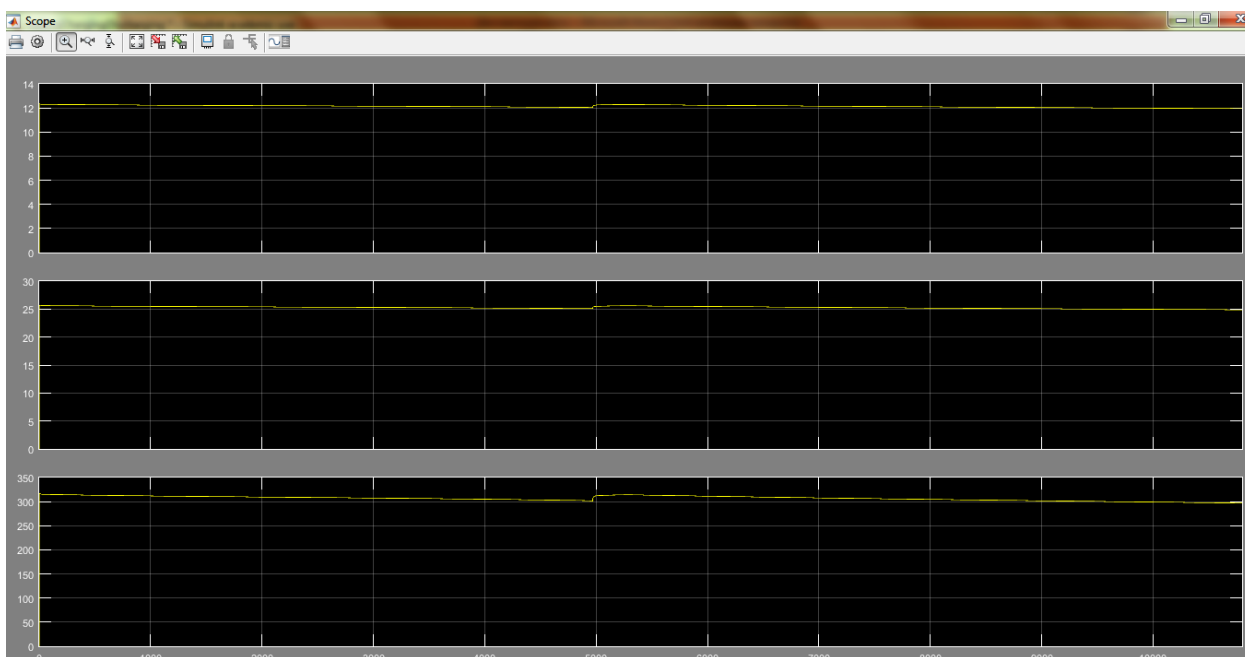


Рисунок 42 Scope

На данной осциллограмме изображены показания напряжения, силы тока, и потребляемой мощности. Тут видны изменения показаний на

нагрузке. При потребляемой мощности в 300 Вт наблюдается медленное, но стабильное падение напряжения и силы тока. Но как только включается дополнительный аккумулятор, то напряжение на нагрузке выравнивается и остаётся стабильным в течение 3 часов.

### Симуляция работы одного аккумулятора

Так как в зимний период времени мощность солнечных панелей не будет хватать для заряда 2-х аккумуляторов, следовательно, необходим только один аккумулятор. В данной симуляции был использован один аккумулятор марки Optima RedTop 8022-255 – ёмкостью в 44А/ч, время имитации 2 часа – 7200 секунд, нагрузка 300Вт.

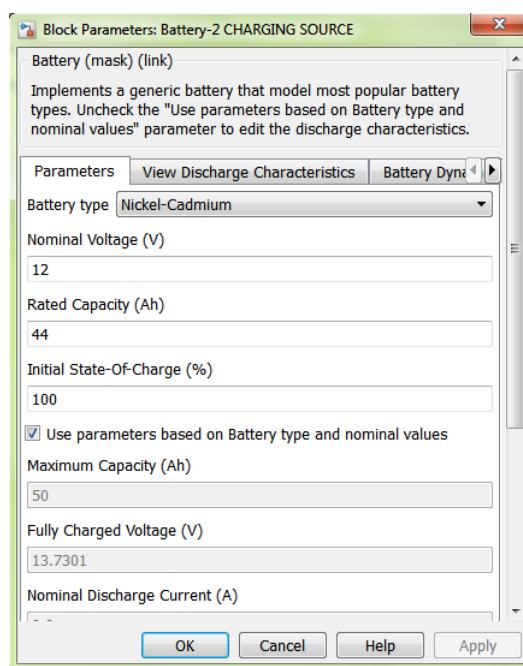


Рисунок 43 Параметры дополнительного аккумулятора

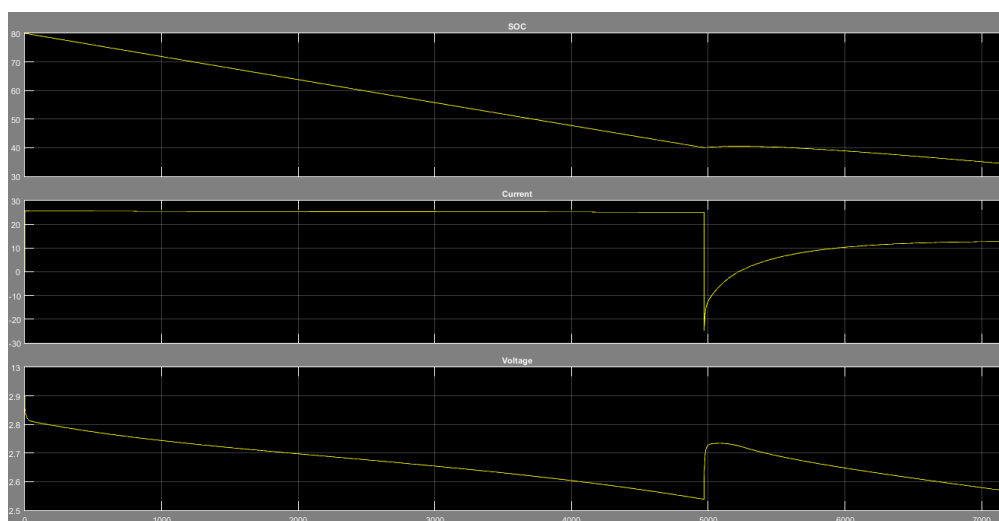


Рисунок 44 SCOPE1

На данной осциллограмме изображены три параметра - SOC - Степень заряда аккумулятора (State of Charge), current – сила тока, voltage –

напряжение как из предыдущих результатов можно наблюдать что дополнительная аккумуляторная батарея хорошо поддерживает заряд основного аккумулятора. По истечении 4900 секунд наблюдается переходный момент и включение дополнительного аккумулятора. Степень разряда основного аккумулятора по истечении двух часов снижается до 35%.

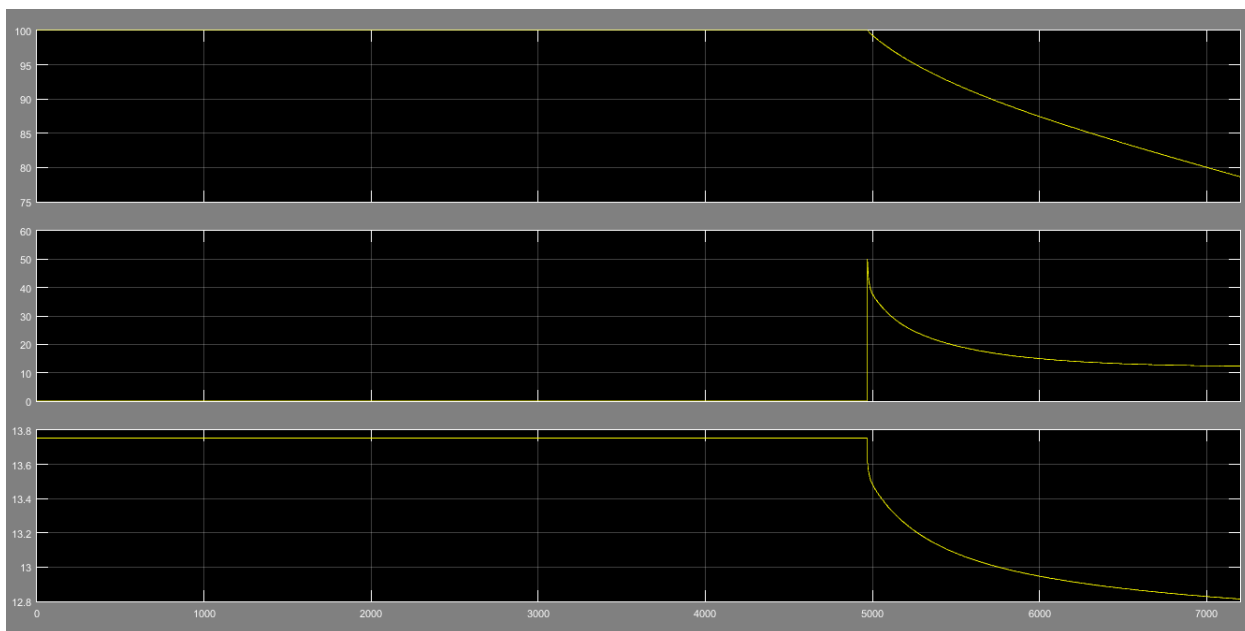


Рисунок 45 Scope2

На осциллограмме видно, что аккумулятор не включается, пока основной аккумулятор не разрядится до уровня в 40%, затем идет медленный спад емкости до уровня в 78% по истечении времени в 2 часа. То есть после работы, проведенной без заряжающих устройств, система вполне способна работать и завести двигатель автомобиля.

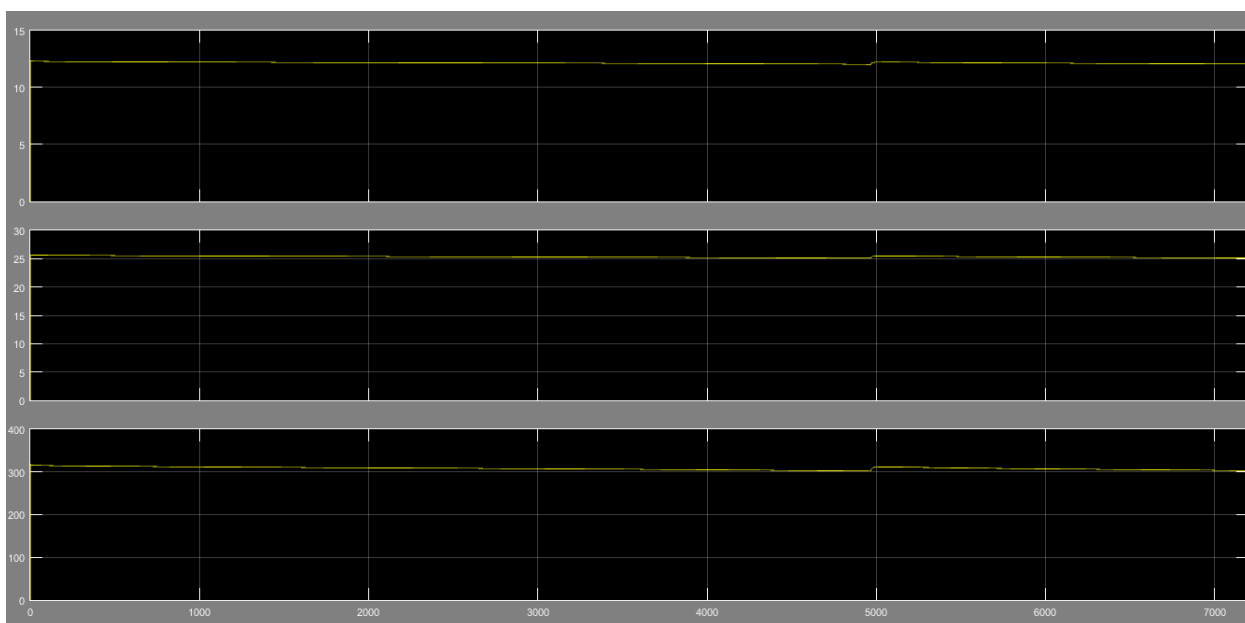


Рисунок 46 Scope

Напряжение на нагрузке придерживается стабильно без скачков напряжения или же силы тока. Нагрузка в 300вт остаётся стабильной в течений 2 часов работы.

**Вывод:** В данной главе были смоделированы работы двух систем.

Первая система это работа солнечных модулей последовательно соединённых и проверка работы при разных уровнях инсоляций. На выходе солнечных модулей напряжение достигло 42 Вольт – что позволило выбрать необходимый контроллер заряда для аккумуляторных батарей.

Вторая это непосредственный заряд и под заряд аккумуляторов без источника питания – генератора, или светового дня для работы солнечных моделей. При запуске имитаций было замечено отличное проявление работы дополнительного аккумулятора в качестве поддерживающего устройства и запуска двигателя после долгой автономной работы системы в летний и зимний период времени. Однако, следует учесть тот факт , что заряд аккумулятора напрямую зависит от температуры окружающей среды. Matlab Simulink не позволяет внести параметры влияющие на окружающую среду, поэтому все показания можно считать при работе системы при комнатной температуры.

**ЗАДАНИЕ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6К	Монахов Вячеслав Вячеславович

Институт	ЭНИН (ИШЭ)	Кафедра	ЭПП
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Возобновляемые источники электроэнергии

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	62 212 рублей
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Цена АИ-92 на территории города Томска
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Описание потенциального потребителя, SWOT анализ
2. Расчет бюджета для научно-технического исследования	Определение материальных затрат НИИ, затрат на специальное оборудование,
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. Матрица SWOT	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6К	Монахов Вячеслав Вячеславович		

## 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 1. Цели проекта

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Темой научно-технического исследования является обоснование и исследование автономной системы электроснабжения внедорожника 4\*4.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации [1].

Основными сегментами потребителей будут водители-путешественники и водители, которые часто выезжают на природу с семьей.

1. Отсутствие централизованного электроснабжения влечет такие проблемы как – получение электрической энергии за счет только работающего автомобиля, следовательно, это расход топлива.
2. Ограничение на вспомогательные устройства для путешествий и отдыха (отсутствие электрических лебедок, дополнительных фонарей освещения, отсутствие разъема для питания бытовых приборов 220В)

Автономные системы электроснабжения за счет энергии солнца без труда могут установлены на внедорожники и легковые автомобили.

На сегодняшний день такими установками на коммерческом уровне активно заниматься в Европе, США. В России такими установками заниматься только любители-профессионалы, в масштабах производства таких фирм нет. Установкой второго аккумулятора для увеличения запасаемой мощности от генератора машины заниматься много фирм по всей России, однако не предусмотрена установка солнечных батарей.

Системы электроснабжения с солнечными панелями все больше и больше захватывают рынок, тем что, с каждым годом дешевеет цена на солнечные элементы. Проект «Заряд основного и дополнительных аккумуляторов от энергий солнца для внедорожников 4\*4» имеет перспективу выйти на Российский рынок и рынок стран СНГ.



## 6.2 SWOT-анализ

SWOT - Strengths (сильные стороны). Weaknesses (слабые стороны). Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) - представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для проведения комплексного анализа проводимого исследования выделим несколько этапов:

1. Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 1 - Матрица SWOT

	<b>Возможности (O)</b>	<b>Угрозы (T)</b>
	-Освоение новой ветви в электроэнергетики России -Отсутствие конкурентов -Отсутствие потребления топлива для заряда аккумуляторной системы	-Громоздкость оборудования - дорогое сервисное обслуживание компонентов системы
<b>Сильные стороны(S)</b>	-Использовать транспортное средство, как пример применения возобновляемой энергетики, Что в дальнейшем может повлечь реализацию крупных проектов с применением мобильных солнечных электростанций -В связи с тем, что отсутствует потребление топлива, затраты на их покупку будут сэкономлены и могут быть использованы для развития и модернизации объекта	-Монтаж оборудования следует производить с использованием дополнительной водо-защиты
<b>Слабые стороны (W)</b>	Средства, сэкономленные на покупку топлива можно потратить на увеличение емкости аккумулятора (возможно установки нескольких) и мощности солнечных модулей, а также произвести «апгрейд» и	-Ограниченность в продолжительности заряда аккумуляторных батарей в зимний период времени
-Независимость от внешних источников питания -Бесперебойной электроснабжение за счет заряда аккумуляторных батарей -Простота эксплуатации -Бесшумность работы электродвигателя		
-Возможность разряда аккумуляторных батарей, что грозит полным отсутствием питания		

	оснастить транспортное средство дополнительным оборудованием для путешествий и отдыха	
--	---	--

В данном пункте был проведен SWOT-анализ разрабатываемого проекта. Основным отличием данного варианта передвижной солнечной электростанций является то, что при заряде аккумуляторных батарей не используется органическое топливо. Тем самым не несет вред в виде отравления воздуха продуктами сгорания топлива, ни создает излишне громкого шума. Солнечные станции установленные на внедорожник могут стать наилучшим решением проблемы отдыха на природе, рыбалки и туризма.

### 6.3 Расчет капиталовложений на покупку оборудования

Перечень оборудования для создания сети питания электродвигателя от возобновляемого источника энергии.

Таблица 2 – Оборудование для создания системы электропитания от возобновляемого источника

Оборудование	Кол-во, шт.	Цена за шт. руб.	Производитель, поставщик	Стоимость, руб.
Солнечный модуль <u>Exmork FSM-200F</u>	1	13 262	«EPSOLAR»	13 262
Солнечный модуль <u>Exmork FSM-100F</u>	1	9 145	«EPSOLAR»	9 145
Optima RedTop 8022-255	1	14 600	США Optima	14 600
Аккумулятор Optima YellowTop 8072-176	1	13 205	США Optima	13 205
Контроллер MorningStar серии SunSaver MPPT	1	12 000	США, MorningStar	12 000
Итого				62 212

Как видно из таблицы 2 общая стоимость оборудования для создания электрической системы работающей от энергий солнца составляет 62 212 рублей. Для того чтобы зарядить дополнительную аккумуляторную батарею от генератора автомобиля необходимо работа автомобиля на холостом ходу в течений 3 часов, или при движении автомобиля 2 часа. В зимний период времени это время увеличивается почти в 2 раза. В силу того фактора, что бензиновый двигатель на внедорожнике Шевроле Нива имеет расход топлива 11 л/час (бензин марки АИ-92 ценой 35,7 рублей за литр от 14.05.2018 на АЗС «Газпромнефть» в городе Томск) расход на подзаряд аккумуляторных систем около 20 литров бензина марки АИ-92 и будет стоить 714 рублей за один цикл заряда. При 50 выходных и отпускных дней в году, которые могут быть посвящены отпуску и отдыху, то на заряд аккумуляторных систем

будет обходиться в 35 700 рублей в год. Работа бесперебойной работы солнечной системы в среднем 7-8 лет, тем самым срок окупаемости такой солнечной установки 2-3 года.

**Вывод:**

Немаловажной частью принятия решения о целесообразности использования возобновляемых источников является оценка экономической эффективности проекта.

Основопологающим подходом в расчете экономических показателей установок основанных на возобновляемых источниках энергии состоит в определении конкурентоспособности этих установок в современных условиях рынка, что в итоге и было доказано в данном разделе работы. Система заряда аккумуляторных батарей от энергий солнца превосходит в экономическом плане вариант с дополнительной работы бензинового двигателя для заряда аккумуляторов.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5АМ6К	Монахов Вячеслав Вячеславович

Школа	Инженерная школа энергетики	Подразделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистратура	Направление	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является прототип установки солнечной электростанций установленный на автомобиль для заряда основного и дополнительного аккумулятора
--	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b> <b>Анализ вредных и опасных факторов</b> <b>производственной среды:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.1 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электроопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>Влияние пагубного влияния установленного оборудования во внедорожнике на здоровье человека</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению</li> </ul>	<p>Утилизация отработанных солнечных модулей и аккумуляторных батарей</p>

экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
<b>3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможны возгорания в следствии короткого замыкания, попадание молний в основное оборудование станций которое влечет за собой пожар и взрыв аккумулятор батарей
<b>4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – Рабочая зона оборудования .	Были определены рабочие зоны основного оборудования обеспечивающие безопасность при эксплуатации солнечной электростанций установленной на внедорожнике .

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения контроля и диагностики	Амелькович Юлия Александровна	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6К	Монахов Вячеслав Вячеславович		

## 7. Социальная ответственность

В процессе любой трудовой деятельности, каждый человек, вовлечённый в эту деятельность, подвергается воздействию целого комплекса производственных факторов. В свою очередь, эти факторы способны влиять на здоровье человека. Совокупность всех факторов, влияющих на здоровье человека, называется условиями труда.

Реальные условия труда характеризуются различными вредными и опасными факторами. Зачастую, между опасными и вредными факторами не существует чёткой границы, каждый фактор может рано или поздно привести к потере здоровья или к несчастному случаю.

Для недопущения несчастных случаев и вреда здоровью, рабочее место должно быть спроектировано с соблюдением всех законодательных норм и правил, ГОСТов, СНиПов и Федеральных законов.

В предлагаемой магистерской диссертации разрабатывается прототип системы для заряда основного и дополнительного аккумулятора от энергий солнца. Основной задачей является установка солнечных панелей в качестве генератора электрической энергии и дополнительных аккумуляторов во внедорожник. Потенциально возможные сегменты потребителей это водители путешественники и любители активного отдыха на природе.

## 7.1 Производственная безопасность

### Анализ вредных и опасных факторов производственной среды

При работе фотоэлектрических модулей можно определить различные вредные и опасные факторы, которые негативно влияют на человека, а также вследствие чего, могут нарушить экологическую среду. Опасным фактором называется производственный фактор, воздействие которого на человека, может привести к его травме (высота, огонь, электрический ток, движущиеся предметы, взрыв) или другому, внезапному резкому ухудшению здоровья. В период эксплуатации, фотоэлектрическая установка должна обеспечиваться безопасностью труда по воздействию на человека:

*Вредных факторов:*

- вибрации;
- шума;
- освещения;
- электромагнитных полей.
- вредных веществ

*Опасных факторов:*

- термических опасностей;
- электроопасности;
- пожаровзрывоопасности.

Анализ воздействия опасных и вредных факторов на человека и методы их решения подробно рассмотрены далее.

### Вибрации и Шумы

При работе солнечных электростанций отсутствует шум и вибраций так как генерация электрической энергии происходит за счет (р-п перехода). Источником шума в данной системе будет являться система охлаждения инвертора (устройство для преобразования с 12 вольт на 220 вольт). Уровень



акустического шума выбранного автомобильного инвертора составляет 30дБА. В случае установки солнечных панелей для генераций электрической энергии нет необходимости дополнительных сооружений для подавления шума.

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности» [4] эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА.

### **Пожар и взрывоопасность**

При работе фотоэлектрических систем электроснабжения существует возможность пожара или даже взрыва. Потенциально опасными объектом являются аккумуляторные батареи. В данной магистерской диссертаций используются 3 аккумуляторные батареи – 2 из которых дополнительные и одна основная которая непосредственно подключена к генератору внедорожника. Аккумуляторным батареям с жидким электролитом необходимо периодическое обслуживание - долив дистиллированной воды, очистка аккумулятора от загрязнения и подзарядка. Заряд батареи сопровождается разложением воды на водород и кислород. При низком уровне электролита увеличивается объём газовой взрывоопасной смеси под крышками банок внутри корпуса аккумулятора. Газ занимает объём, на который снижен уровень электролита. При попадании в аккумулятор или газоотводящий канал искры или открытого пламени происходит взрыв гремучей смеси. Спровоцировать взрыв могут и искрение электропроводки или полюсных клемм, и близко поднесенная сигарета, и пламя зажженной спички. Сила взрыва и его последствия целиком зависят от количества (объёма) газа, скопившегося к этому моменту в закрытом пространстве. Эксплуатация батарей в режиме перезаряда увеличивает интенсивность газообразования внутри батареи и, следовательно, возрастает его выделение. Образование искры возможно также между деталями внутри самой батареи, когда уровень электролита значительно ниже верхних кромок пластин. Так нарушения техники безопасности и режима обслуживания

аккумуляторной батареи, отклонение технических показателей компонентов электрооборудования от установленных норм, служат причиной скопления выделяющегося «гремучего» газа внутри банок, возникновения взрыва и разрушения корпуса аккумулятора.

Основной аккумулятор установленный под капотом внедорожника должен своевременно проходить сервисное обслуживание и производить визуальный осмотр, и замер плотности электролита.

Два дополнительных аккумулятора имеют другую структуру AMG технология, в отличие от основного аккумулятора они не обслуживаемые. AGM аккумуляторы относятся к герметизированным необслуживаемым батареям. Они не требуют доливки раствора в течение всего срока эксплуатации, в их корпусах отсутствуют пробки для обслуживания, что облегчает эксплуатацию забывчивыми пользователями (при зарядке аккумуляторов с жидким электролитом если не открыть пробки, то аккумулятор может взорваться). Для предотвращения повышения давления выше критического в таких аккумуляторах устанавливают специальные предохранительные клапаны, поэтому гелевые и AGM аккумуляторы еще обозначают VRLA – ValveRegulatedLeadAcidbatteries. Как недостаток «второго» и «третьего» поколений аккумуляторов можно указать их чувствительность к качеству зарядного тока – не допустимы колебания и превышения на максимальной величине тока. Для предотвращения перезаряда аккумуляторных батарей AGM технологий необходимо использование MPPT (maximum power point tracer) солнечных контроллеров которые отслеживают напряжение на аккумуляторной батарее и при необходимости перестают заряжать аккумулятор.

### **Электрическая опасность**

Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей и животных от

вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Источниками электроэнергии на фотоэлектрической электростанции будут электроустановки, которые производят, преобразуют, и распределяют электрическую энергию, к примеру: фотоэлектрические панели, аккумуляторные батареи, контролер заряда, инвертор. В большинстве случаев в таких установках поражение электрическим током связано с тем, что нарушается изоляция электроприемников.

Для защиты человека и предотвращения несчастных случаев на производстве, установлены нормы и правила работы персонала с электрооборудованием. В соответствии с ГОСТ 12.1.038 – 82, приняты нормы по предельно допустимым значениям напряжения прикосновений и токов, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Допустимая величина токов и напряжений, протекающая через тело человека

Род тока	U, В	I, мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0
Примечания	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Напряжения прикосновения и токов приведены при продолжительности воздействий не более 10 мин в сутки, из реакции ощущения</li><li>2. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25 °С) и влажности (не более 75 %), должны быть уменьшены в три раза.</li></ol>	

Также от поражения электрическим током при прикосновении к токоведущим частям, применяется:

- заземление;
- зануление;

- защитное отключение;
- двойная изоляция;
- выравнивание потенциалов.

К дополнительным изолирующим средствам относятся диэлектрические перчатки, боты, ковры, изолирующие подставки.

Для обеспечения безопасного выполнения работ с электроустановками требуется:

- Регулярный осмотр всех электрических частей в установке
- Визуальный осмотр изоляций на их повреждение
- Производить тестированные измерения показаний электроприборов ( контроллер заряда, инвертор);

### **Газовыделение**

Во время заряда, заряда во флотирующем режиме и при перезаряде происходит выделение газов из всех вторичных аккумуляторов и батарей, исключая газонепроницаемые герметичные аккумуляторы. Это результат электролиза воды при токе перезаряда. Образующиеся газы - водород и кислород. При выбросе их в окружающую среду возможно образование взрывоопасной смеси при превышении объемной концентрации водорода 4% в воздухе.

Если эмиссия газа, определяемая экспериментально при стандартном испытании батареи, будет ниже установленной в настоящем стандарте, требования по расчету вентиляции допускается не принимать. Если экспериментальные значения эмиссии газа превосходят установленные настоящим стандартом, требования к вентиляции ужесточают.

При достижении полной степени заряженности аккумулятора согласно закону Фарадея происходит электролиз воды. При стандартных условиях, т. е. при 0 °С и 1013 гПа (стандартные температура и давление, принятые Международным союзом теоретической и прикладной химии):

- при прохождении 1 А·ч происходит разложение:

0,336 г H<sub>2</sub>O на 0,42 H<sub>2</sub>+ 0,21|O<sub>2</sub>;

- 3 А·ч требуется на разложение 1 см<sup>3</sup> (1 г) H<sub>2</sub>O ;

- при 26,8 А·ч происходит разложение 9 г H<sub>2</sub>O на 1 г H<sub>2</sub> + 8 г O<sub>2</sub>.

При прекращении работы оборудования для заряда выделение из аккумуляторов может считаться законченным в течение 1 ч после выключения зарядного тока.[3]

В диссертационной работе основной аккумулятор с жидким электролитом находится под капотом автомобиля. Он на протяжении всего срока службы установки находится на открытом воздухе, следовательно, отравляющие вещества не будут скапливаться в салоне автомобиля. Остальные две аккумуляторные батареи являются необслуживаемыми VRLA аккумуляторами.

Таблица 2 - Значения тока при заряде с помощью зарядных устройств

Параметры	Элементы с вентиляционными отверстиями свинцово-кислотных батарей Sb < 3%	Элементы VRLA свинцово-кислотных батарей	Элементы с вентиляционными отверстиями никель-кадмиевых батарей
Коэффициент газовыделения газа	1	0,2	1
Коэффициент безопасности выделения газа (включая 10% поврежденных элементов и старение)	5	5	5
Напряжение заряда во флотирующем режиме $I_{\text{флотир}}$ , В/аккумулятор	2,23	2,27	1,40
Типичный зарядный ток во флотирующем режиме $I_{\text{флотир}}$ , мА/А·ч	1	1	1
Ток (во флотирующем режиме), мА/А·ч (при	5	1	5

условиях заряда во флотирующем режиме ток, необходимый для вычисления воздушного потока)			
Напряжение ускоренного заряда $U_{\text{уск.заряд}}$ , В/аккумулятор	2,40	2,40	1,55
Типичный ток ускоренного заряда $I_{\text{уск.заряд}}$ , мА/А·ч	4	8	10
Ток (ускоренного заряда), мА/А·ч (в условиях ускоренного заряда ток, необходимый для вычисления воздушного потока)	20	8	50
<p>В случае высокого содержания сурьмы (Sb) необходимо уточнить соответствующие значения у изготовителя.</p> <p>В случае элементов NiCd рекомбинационного типа необходимо проконсультироваться с изготовителем.</p> <p>Напряжение заряда во флотирующем режиме и напряжение ускоренного заряда могут меняться с удельным весом электролита в свинцово-кислотных аккумуляторах.</p>			

Перечень ВВ, массовые концентрации которых определяют в воздухе салона и кабины АТС, и значения их ПДК<sub>р.з</sub> приведены в таблице 3.[7]

Таблица 3 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочих зон салона и кабины автотранспортных средств

Вредное вещество	ПДК <sub>р.з</sub> , мг/м
Углерода оксид	20
Азота оксиды в пересчете на	5
Углеводороды суммарные ( $C_mH_n$ )	300
Акролеин ( $C_2H_3CHO$ )	0,2

## **7.2 Экологическая безопасность**

### **Анализ воздействия объекта на атмосферу, литосферу**

Эксплуатация фото-электростанций на внедорожника 4\*4 выбрасывает в атмосферу только загрязнения вызванные выделением газов при зарядке и эксплуатации аккумуляторных батарей с жидким. При работе аккумуляторных батарей, предназначенных для накопления заряда, образуются выбросы свинца и раствора серной кислоты.

При полной отработке солнечных панелей их необходимо утилизировать. Так как отходы от солнечных панелей в 300 раз более токсичных, чем АЭС; Отходы от солнечных панелей пагубно влияет на литосферу что, приводит к увеличению риска для здоровья людей в данной местности. А также это пагубно для флоры и фауны. Утечка химических реагентов из утилизируемых модулей дает вероятность заражению местной почвы и поверхностных вод.

Также следует отметить, что утилизаций подлежат аккумуляторные батарей. Аккумуляторы источников бесперебойного питания в дальнейшем ИБП, как правило производятся с применением кислотно-свинцовой основы в качестве наполнителя внутренностей аккумулятора.

У Аккумуляторных систем AMG гарантийный срок службы 10 лет, а значит через 10 лет необходима утилизация аккумуляторных батарей, так электролит внутри аккумулятора пагубно влияет на окружающую среду.

Для удобства пользования в аккумуляторах ИБП принято использовать несколько систем наполнения кислотой активных свинцовых пластин, это система AGM и GEL.

Подводя итог скажем, что утилизация аккумуляторов AMG и GEL-технологиях производиться так же как и автомобильных аккумуляторов с жидким электролитом.

### **Решение по обеспечению экологической безопасности**

#### **Утилизация солнечных модулей.**

По истечению срока службы солнечных панелей их необходимо утилизировать по специальным технологиям. Срок службы солнечных панелей 40-50 лет, контроллера и инвертера 15-20 лет, аккумуляторов в зависимости от типа и характера использования — 4-10 лет. Хотя вопрос утилизации солнечных панелей остается открытым, только 30% всех производителей принимают обратно их обратно для переработки. Но тем не менее спрос на отработанные солнечные панели с каждым годом растет. Так как добыча редких металлов становится все более дорогим удовольствием и переработка панелей приведет к повторному их использованию.

Кроме того: существует вторичный рынок фото- и ветроэлектрических установок, на котором уже отработанное оборудование может находить дальнейшее применение. В странах с переходной экономикой можно использовать уже бывшие в использовании солнечные модули. Благодаря более интенсивному солнечному излучению, эти модули могут вырабатывать больше электроэнергии.

### **Утилизация аккумуляторных батарей**

Если внимательно исследовать упаковку любой гальваники, можно обнаружить значок с перечеркнутым мусорным ведром – он запрещает выбрасывать их в мусор после отработки. Такой запрет наложен на накопители энергии потому, что они выполнены из различных металлов и их солей. Такие металлы могут быть токсичны, а их соли в растворенном виде впитываются в почву и грунтовые воды. В мировом океане уже найдены следы кадмия – токсичного металла, поражающего мозг и нервную систему, вызывающего развитие рака. Кроме того, сдача батареек и других гальванических элементов в переработку позволяет промышленности получать новое сырье для производства источников автономного питания, кровельных материалов и водосточных труб.

Европе организованы сотни мест в каждом городе, где сдают батарейки и аккумуляторы. По статистике, каждый второй житель Польши, Чехии,



Германии и Франции приносят накопители энергии на утилизацию. В России такое экологическое поведение развито хуже. Тем не менее, производства по переработке и утилизации активно работают. Иногда на производстве металлических изделий есть отдельная линейка по переработке гальваники. Отнести ненужные накопители в Томске можно в специально организованные пункты приема. Они работают как отдельно, так и сразу при перерабатывающих производствах.

Основные пункты утилизации аккумуляторных батарей в городе Томск:

- Томская аккумуляторная компания *г. Томск, пр-т. Ленина, 258*
- «ТАК» *г. Томск, ул. Учебная, 8*
  
- Эльдорадо *г. Томск, ул. Иркутский тракт, 142/3*

### **7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

#### **Выбор наиболее типичной ЧС**

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией в эксплуатации фотоэлектрической станции является возникновение пожара. Основными источниками пожаров могут быть:

- кабели;
- распределительные устройства;
- аккумуляторные батареи;
- фотоэлектрические модули.
- Электроприемники

Так же следует рассмотреть возможное попадание молний в корпус автомобиля. Так как автомобиль содержит дополнительные

аккумуляторы возможен внезапный пере разряд аккумуляторов что влечет за собой взрыв и пожар аккумуляторных батарей.

### **Разработка мер по предупреждению ЧС**

Пожарная безопасность должна быть соблюдена правилами пожарной безопасности: наличием огнетушителей, установленных в салоне внедорожника.

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо регулярно осматривать и при необходимости обслуживать средства выхода из автомобиля, коммутационное оборудование установленное в машине и осмотр устройств работающих на солнечной энергий.

В современных автомобилях (с 2005 года) завод изготовитель закладывает в автомобиль защиту от попадания молний. Но так как установка оборудования для дополнительного заряда аккумуляторов от энергий солнца влечет за собой изменения в корпусе ( просверливание отверстий для проводов), следовательно, и возможное попадание электрического разряда на оборудование и в лучшем случае это выход из строя, а в худшем это пожар и взрыв оборудования. Для предотвращения необходимо установка дополнительных предохранителей и выключателей.

### **Действия при возникновении пожара**

Для ликвидации возгорания иногда нет возможности полностью отключить питание от оборудования, и ждать когда ток перестанет вырабатываться. Поэтому считается возможным ликвидация возгорания электроустановки под напряжением до 0,4 кВ (400 В). Основными видами пожаротушения являются огнетушители. Оборудовать автомобиль воздушно-пенными огнетушителями нельзя, поэтому для ликвидации применяются огнетушители, представленные в таблице 4. При этом следует соблюдать безопасное расстояние..

Таблица 4 – Безопасное расстояние тушения пожара

Напряжение, кВ	Безопасное расстояние	Огнетушители
До 0,38	Не менее 1 метра	Хладоновые
До 1	Не менее 1 метра	Порошковые
До 10	Не менее 1 метра	Углекислотные

При трудностях выбора огнегасительных средств, можно опираться на характеристики горючей среды, которые с точностью позволяют выбрать нужное средство, огнегасительные средства представлены в таблице 5.

Таблица 5– Выбор огнегасительных средств

Класс пожара	Характеристика горючей среды	Огнетушащие средства
А	Твердые горючие материалы (дерево, уголь, бумага, резина, пластмассы и др.)	Все виды огнегасительных средств, прежде всего вода, песок, земля
В	Горючие жидкости и материалы, плавящиеся при нагревании (мазут, бензин, лаки, масла, спирты, каучук, синтетические материалы)	Распыленная вода, пена
С	Горючие газы (водород, углеводород, и др.)	Хладон, порошок
Д	Металлы и их сплавы: горение легких металлов (алюминий, магний, и их сплавы); горение щелочных и др., подобных металлов; горение металлоорганических соединений и гидридов	Порошок, пена
Е	Электроустановки, оборудование, находящееся под напряжением	Хладоны, углекислота (до 10 кВ), порошок (до 1 кВ)

## 7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации внедорожника

### Рабочая зона оборудования.

Солнечные модули необходимо устанавливать на открытое пространства легкодоступные для попадания солнечного света. Солнечный модуль номинальной мощностью 200Вт необходимо установить на крышу внедорожника, второй солнечный модуль будет установлен на капот автомобиля. Размеры внедорожника представлены на рисунке ниже.

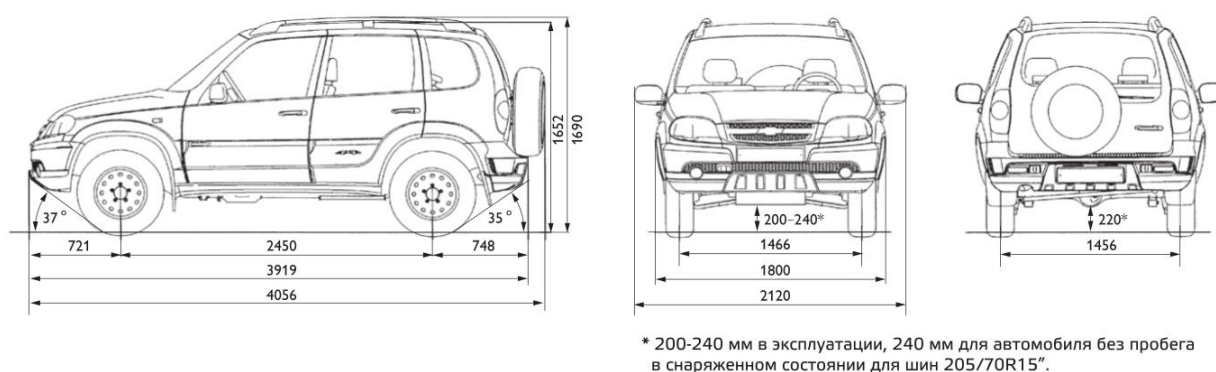


Рисунок 1. Размеры внедорожника Шевроле Нива

Така как аккумуляторные батареи не выделяют токсичных паров то их можно разместить в салоне автомобиля .Аккумуляторные батареи будут размещены в багажном отделений внедорожника.

### Эксплуатация аккумуляторов

Эксплуатация аккумуляторов должна производиться в соответствии с технической документацией по эксплуатации, в которой должны быть предусмотрены режимы подзаряда и заряда-разряда на аккумулятор конкретного типа, и требованиями настоящего стандарта. При эксплуатации допускается применение аккумуляторов экспортного исполнения. Аккумуляторы должны монтироваться на месте эксплуатации в соответствии с конструкторской и технической документациями на аккумулятор конкретного типа и инструкцией монтажных предприятий. При проведении

работ по сборке и монтажу аккумуляторы должны выдерживать воздействие ударов с ускорением 1,5 g при длительности удара 2-20 мс. [2]

### **Измененная редакция, (Изм. №1).**

При монтаже допускается как последовательное, так и параллельное соединение аккумуляторов. При разряде батареи 10-часовым режимом разряда до конечного напряжения (1,8 В) разница между напряжением отдельных аккумуляторов должна быть не более 0,1 В.

При эксплуатации аккумуляторов в режиме:

-постоянного подзаряда должно поддерживаться напряжение  $(2,18 \pm 0,04)$  В на аккумулятор закрытого исполнения и  $(2,20 \pm 0,05)$  В на аккумулятор открытого исполнения;

-при постоянном напряжении напряжение аккумуляторов должно поддерживаться 2,30-2,35 В.

Введение аккумуляторов в действие должно производиться после достижения ими номинальной емкости [2].

### **Требования к помещению**

Батареи должны устанавливаться в сухом помещении с достаточной вентиляцией, при умеренной температуре, насколько позволяет климат, желательно в пределах от +10 °С до +30 °С.

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ курить или использовать открытый огонь в помещении, в котором установлены батареи.

- Соответствующая вентиляция в помещении обеспечивает воздухообмен, необходимый для предотвращения накопления газов, выделяющихся из аккумуляторов во время заряда

- Наилучшие характеристики и максимальный срок службы батарей обеспечивается при температуре окружающего воздуха 20 °С, но характеристики батарей будут удовлетворительными и при их эксплуатации в диапазоне температур от -20 °С до +60 °С. Высокие температуры повышают производительность аккумуляторов, но снижают срок их службы; низкие температуры понижают производительность.

- Не допускать попадания прямых солнечных лучей на аккумулятор

## ГЛАВА 8 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Таблица 10. Оборудование для преобразование солнечной энергий в электрическую

	<p>Солнечная панель 240Вт Монокристаллические ячейки Напряжение холостого хода 30 Вольт Рабочее напряжение 22 Вольт Ток короткого замыкания 8,1А</p>
	<p>Солнечный контроллер заряда Z-30 Напряжение на заряд 14,4 Вольт Номинальный ток нагрузки до 30А</p>
	<p>Аккумуляторная батарея Sanfox 77Ач Емкость 77А/ч Ток холодной прокрутки 575А(EN); габаритные размеры (ДхШхВ): 278х175х190 мм; Вес: 18 кг Напряжение 12 В</p>
	<p>Аккумуляторная батарея: Аком 62 Полярность: прямая Напряжение: 12 В Пусковой ток: 62 А Ширина: 175 мм Емкость: 62 А·ч Ток холодной прокрутки 540а, Габаритные размеры 242х175х190</p>

## 8.1 Изготовление солнечного модуля

В практической части я использовал комплект солнечных элементов купленных с торговой площадки AliExpress



Рисунок 47. Монокристаллическая солнечная ячейка

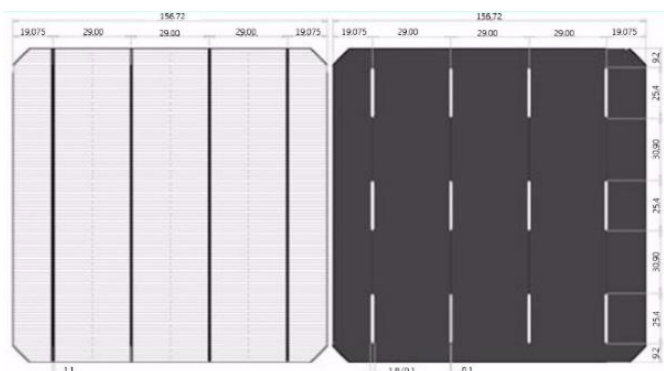


Рисунок 48. Размеры солнечных ячеек

Таблица 11 Параметры солнечных элементов

Производитель	Vikocell
Материал	Монокристаллический кремний
Номинальная напряжение	0.5V
Размеры	156MM * 156MM
Макс. Мощность	4.8W
Качество	Grade A
КПД	19.8%

Солнечные элементы были соединены последовательно специальной лентой для пайки солнечных элементов.



Рисунок 49. Соединение солнечных элементов

Схема соединения солнечных элементов:

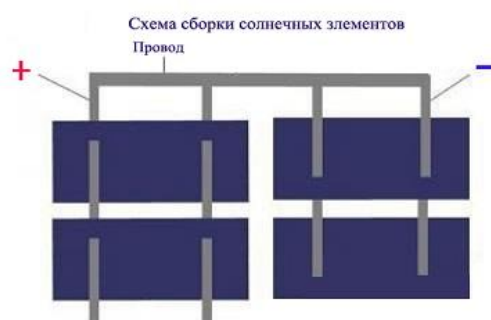


Рисунок 50. Соединения солнечных элементов

Таким образом была сконструирован солнечный модуль состоящий из 54 солнечных элементов.

Для герметизация был выбран заливочный компаунд для солнечных батарей «силагерм 2106» для защиты солнечных элементов длительно работающих в среде воздуха и в условиях повышенной влажности в интервале температур от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+250^{\circ}\text{C}$ ;

Преимущества:

Герметик защитит схему от воды, атмосферных воздействий, озона;

Цвет прозрачный, поэтому легко производить дефектацию и ремонт блоков и схем, покрытых компаундом;

Не вызывает коррозии;

Не вступает в реакции с биологическими средами, по этому можно применять для аппаратов, которые взаимодействуют с человеком;

Обладает высокой морозостойкостью, поэтому схемы залитые Силагермом 2106 можно использовать на улице и в холодильных камерах;

Высокая стойкость к коронному разряду (-это самостоятельный газовый разряд, возникающий в резко неоднородных полях у электродов с большой кривизной поверхности (острия, тонкие провода).



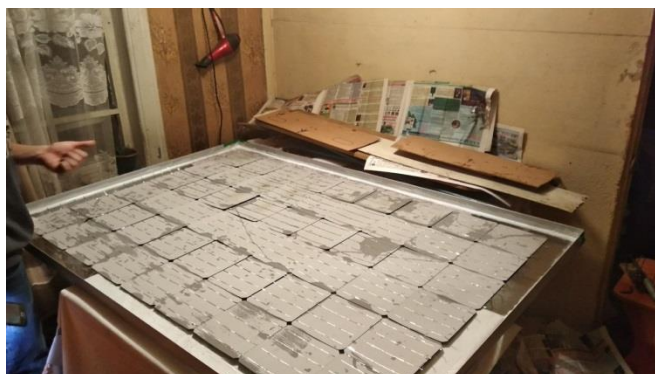


Рисунок 51. Герметизация солнечных элементов

Таким образом был собран солнечный модуль мощностью 240 Вт. Далее модуль был установлен на крышу частного дома и направлен на южную сторону



Рисунок 52. Вид солнечного модуля

Для тестирования солнечной установки был подключен инвертор с модифицированной синусоидой и была подключена бытовая техника на напряжение 220 вольт без подключения аккумуляторной батареи.

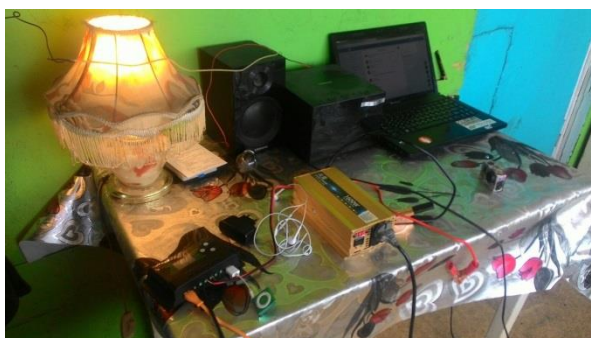


Рисунок 53. Оборудование работающее от солнечной панели

Таблица12 Подключенные приборы

Электроприемник	Потребление	Напряжение контроллера заряда
Светильник	100Вт	15.1В
Музыкальный центр	40Вт	14.5В

Ноутбук	50 Вт	14.1В
Зарядка для телефона	10Вт	14.0В

Система работала в ясную погоду стабильно без перебоев напряжения. Солнечная электростанция начинает работу с 8 утра (25 апреля) и напряжение на контролере присутствует до наступления темноты.

Далее был проведен опыт заряда дополнительного аккумулятора внедорожника. Для дополнительного аккумулятора была выбрана аккумуляторная батарея Sanfox 77А/ч. Заранее батарея была разряжена до напряжения 12.2 Вольт. Заряд до напряжения 12.9 Вольт заняло около 6 часов, при этом на инверторе всегда была нагрузка в виде ноутбука, на улице было преимущественно солнечно

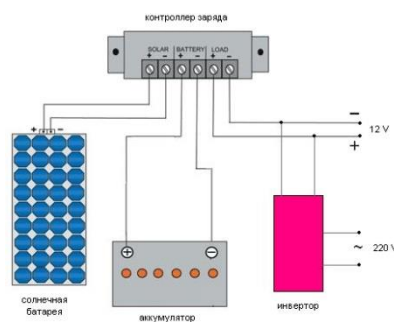


Рисунок 54. Схема подключенных устройств

Подзарядка аккумулятора от дополнительного к основному.

Два аккумулятора были подсоединены параллельно – первый аккумулятор «акцептор» был заранее разряжен до напряжения в 12,2 Вольт, второй аккумулятор «донор» был полностью заряжен и имел на клеммах напряжение в 12,9 вольт. Затем подключив аккумуляторы последовательно в течении дня разряженного аккумулятора потихоньку росло и от 12.2 дошло до 12,4 Вольт – тем самым производя донорно-акцепторный метод позволило зарядить основной аккумулятор.



Рисунок 55. Напряжение на аккумуляторе «Доноре» после параллельного подключения

**Вывод:** Практическим путем были получены результаты заряда основного и дополнительного аккумулятора от энергий солнца. На сегодняшний день солнечная установка продолжает свою работу в домашних условиях мелкие бытовые приборы и освещение на светодиодных лампах.

## Список использованной литературы:

1. Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, И.А. Плотников. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями.
2. Невидимова О.Г. Янкович Е.П. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ Успехи современного естествознания. – 2015. – № 11-1. – С. 134-138;
3. Моделирование солнечных батарей в среде MathLab Simulink А.М.Трещ
4. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации Л.Гидрометеиздат, 1968.
5. 7. Соснина Е.Н., Шалухо А. В. Вопросы эффективного использования возобновляемых источников энергии в локальной системе электроснабжения потребителей [Текст] // Электрические станции, 2012. - №9. - С.13-16.
6. 8. Колосов Р.В, Титов В.Г, Мирясов Г.М. Моделирование ветроэнергетических установок [Текст] // Актуальные проблемы электроэнергетики. Материалы научно – технической конференции. - Н.Новгород, 2012. - С.103-111.
7. Фортов В.Е., Попель О.С. Возобновляемые источники энергии для электроснабжения потребителей в России// Энергетический вестник 2010 №1
8. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н., Атлас ресурсов солнечной энергии на территорий России. ОИВТ РАН. 2010.
9. Колосов Р.В, Мирясов Г.М. Принципы управления сетевыми и автономными ветроэнергетическими установками [Текст] // Актуальные проблемы электроэнергетики. Материалы научно – технической конференции. - Н.Новгород, 2012. – С.122-125.
10. Возобновляемые источники энергии для электроснабжения отдалённых потребителей Томской области / Б. В. Лукутин, С. Г. Обухов // Электроэнергетика, электротехнические системы и комплексы . — Томск : Изд-во ТПУ , 2003 . — С. 272-273
11. Кадастр возможностей / А. М. Данченко [и др.]; под ред. Б. В. Лукутина. — Томск: Изд-во НТЛ, 2002.
12. Нетрадиционные возобновляемые источники и методы преобразования их энергии Баранов Н.Н. Издательский дом МЭИ Год: 2011
13. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». – Введен 01.03.2015 – Москва.
14. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский

- центр Минздрава России, 1997.
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – Министерстве юстиции Российской Федерации от 10 июня 2003 года, регистрационный N 4673.
  16. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности» – Введен 01.11.2015 – Москва.
  17. Правила устройства электроустановок – Новосибирск: Норматика, 2014. – 464 с.
  18. ГОСТ 12.4.124-83 ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования – Введен 01.01.1984 – Москва
  19. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 года «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» – Принят Государственной Думой 4 июля 2008 года – Москва.
  20. Новиков С.Г., Маслова Т.Н., Копылова Л.Н. Безопасность жизнедеятельности. Учебно-методический комплекс. [Электронный ресурс]. URL: <http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd>.
  21. ТОИ Р-45-084-01. «Типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере».
  22. Обухов С.Г., Плотников И.А. Модель солнечной панели в MATLAB SIMULINK. *Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE)*. 2014;(21):51-59.

## Приложение А

### Математическое моделирование на английском языке

#### MATHEMATICAL MODELING

#### Charging the main and additional batteries from the energy of the sun on cars

4 \* 4

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ6К	Монахов Вячеслав Вячеславович		

Консультант ОЭЭ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев Игорь Олегович	К.Т.Н.		

Консультант – лингвист ОИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Низкодубов Гавриил Анатольевич	К.П.Н.		

## **Content**

- 1.1 Solar Cell Simulation
- 1.2 The current-voltage characteristics of the solar station 300W
- 1.3 Power characteristic of the solar system
- 1.4 Recharging the main battery
- 1.5 Conclusions

## 1.1 Solar Cell Simulation

The photoelectric generator model is usually based on electrical characteristics, that is, the current voltage ratio, the cells under different radiation levels and at different cell temperatures. The simplest equivalent circuit of a solar battery is the current source in parallel with the diode. The output of the current source is directly proportional to the light incident on the photocurrent of the cell ( $I_{ph}$ ). During the dark, the solar battery is not active; it works like a diode, that is, a pn junction. This produces neither current nor voltage. Thus, the mathematical model of the photoelectric generator is based on the equivalent circuit of a single diode shown in Fig. 1 [1]

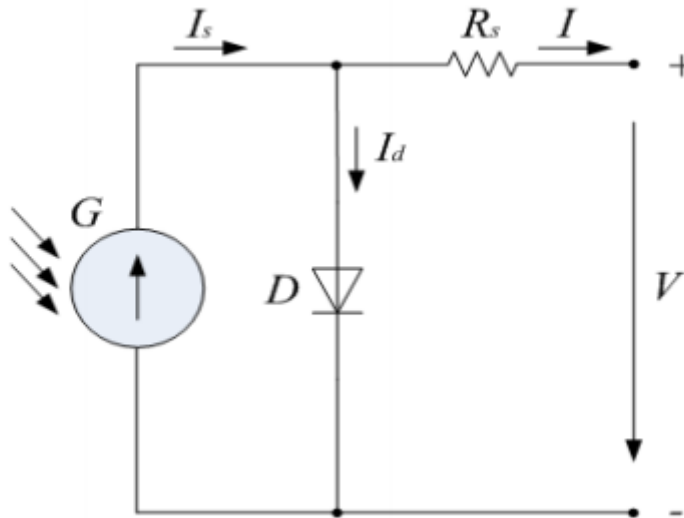


Fig.1 scheme of solar battery

Mathematical modeling begins with building a model of solar modules in mathLab simulink. The figure shows a block diagram of the studied model:

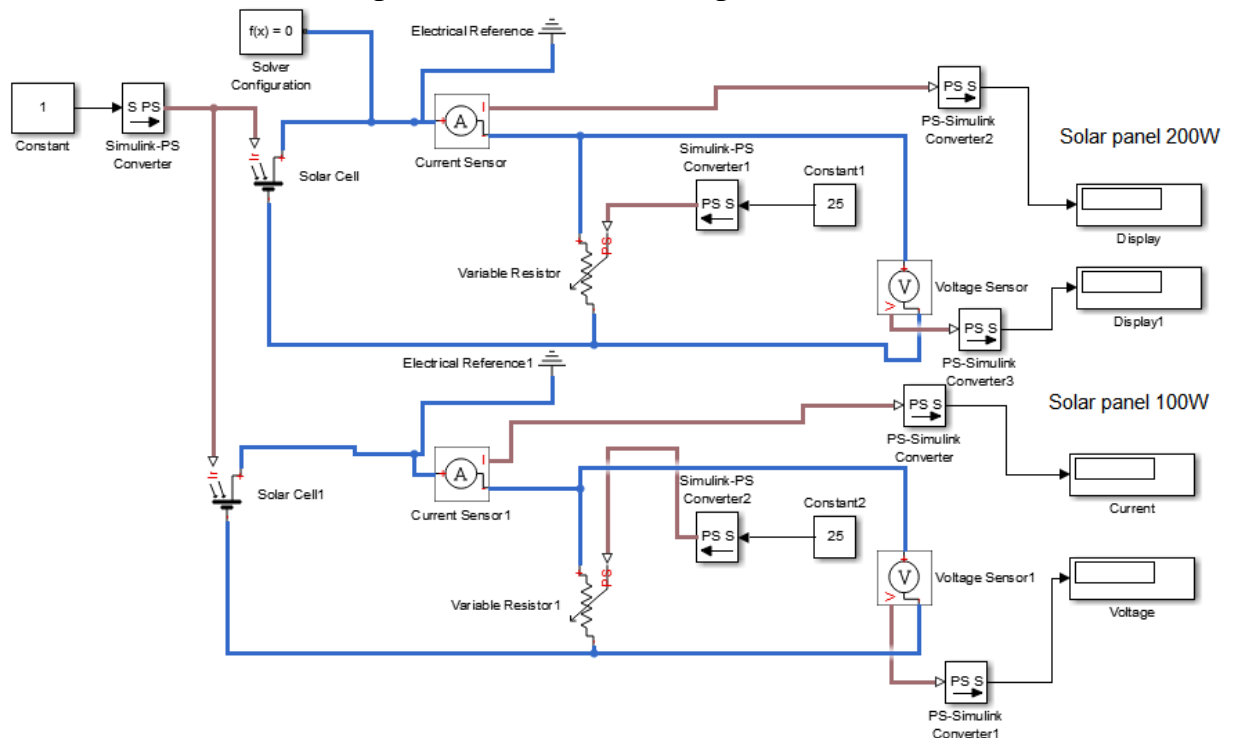


Fig.2 Block diagram of solar modules



In order to simulate this model it is necessary to check the model with solar insolation in 1000 W / m<sup>2</sup>. For this, the "Constant" block is renamed to "Irradiance" and set to 1000.

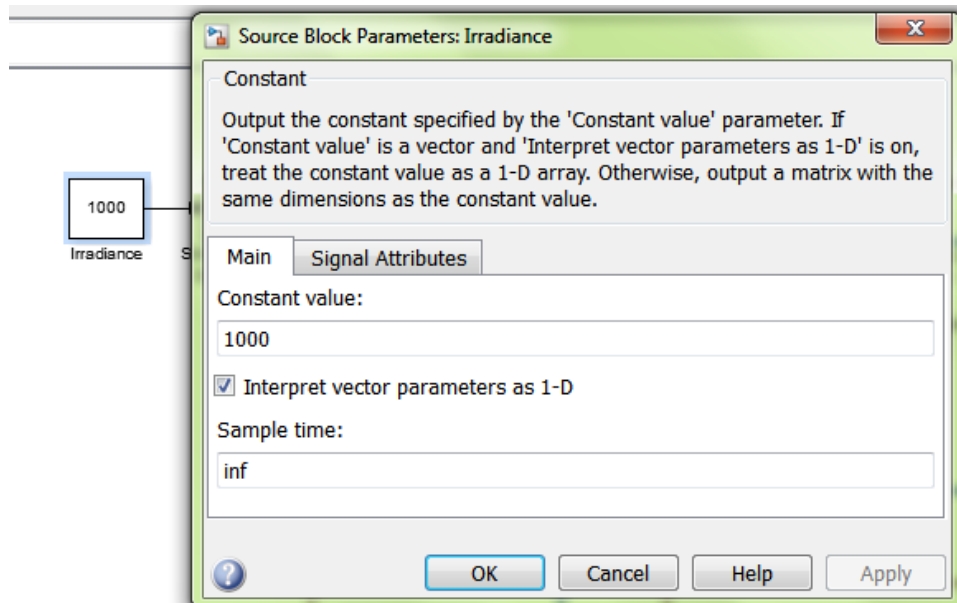


Fig.3 Input of the insolation parameter

For the parameters of the solar panel, it is sufficient to keep the values of the open-circuit voltage of the solar cell and the short-circuit current

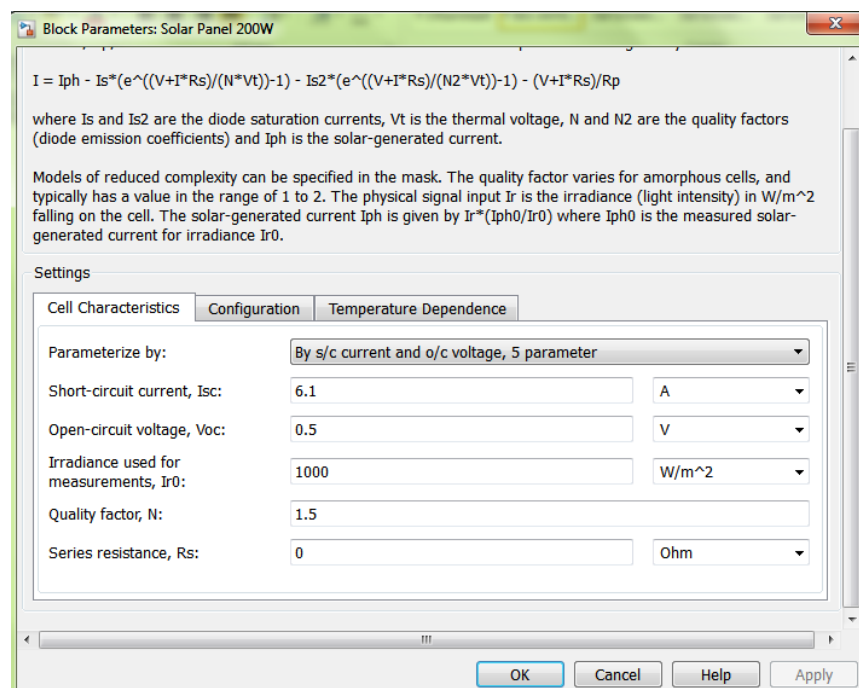


Fig.4 Solar cell parameters

As can be seen in the figure, with a solar insolation of 1000 W / m<sup>2</sup>, the solar cell produce 0.5 volts. Next, you need to specify the number of solar cells,

flexible solar panel which is located on the roof of the SUV contains 60 solar cells and produces approximately 30 volts.

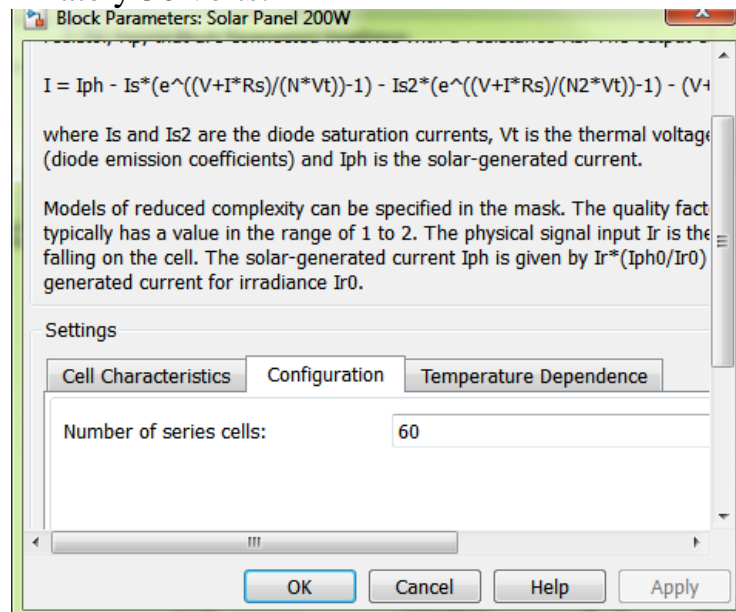


Fig.5 Number of solar cells

For each physical network represented by the associated Simscape flowchart, the solver settings for modeling are required. The "Solver configuration" configuration block defines the solver parameters that your model needs before you can start the simulation. Each topologically distinct Simscape flowchart requires one "Solver configuration" configuration block to be connected to it. The circuit also includes ammeters and voltmeters for measuring current and voltage, respectively.

After the first simulation, we take the idling characteristics of the solar modules:

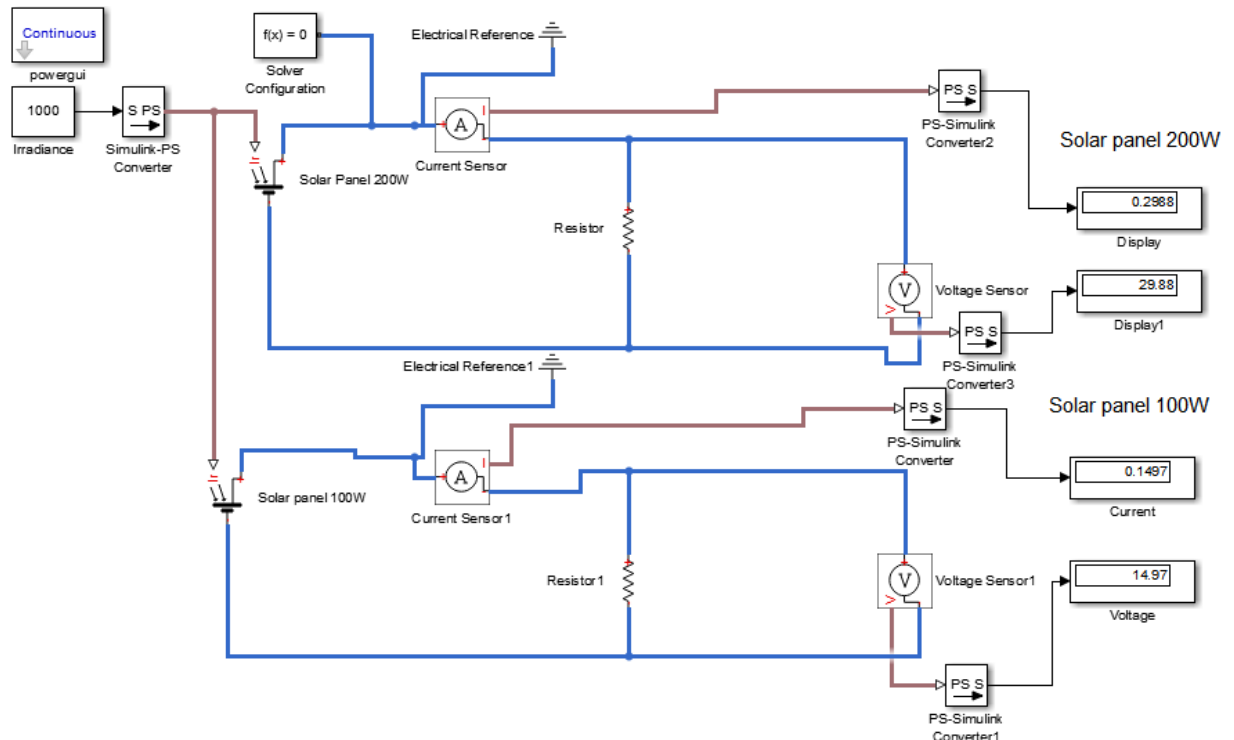


Fig 6. First simulation

After the first simulation, it is seen that the voltage of the solar modules corresponds to the specifications of the claimed manufacturer, if there is no stress load of the solar modules 29.8 and 14.9 volts, respectively.

Next, solar modules are needed for a common network - 300W. In order to limit the heating of the conductor, the solar modules are connected in series and form a common electrical network with a power of 300W.

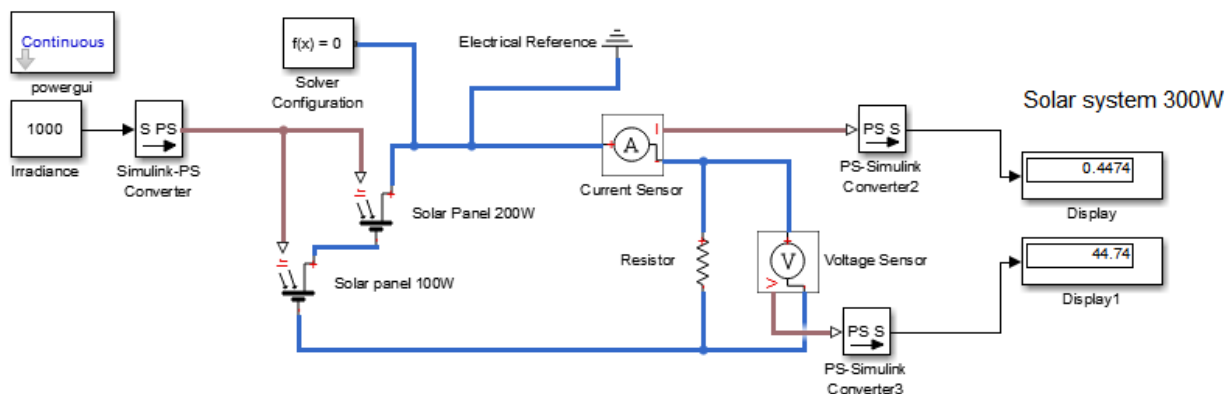


Fig.7 Solar system of 300W

Next, simulate the installation in the summer period of time with a solar insolation of 5700 W / m2 (Tomsk city in July month). In the window "Irradiance" we enter the necessary amount of solar radiation:

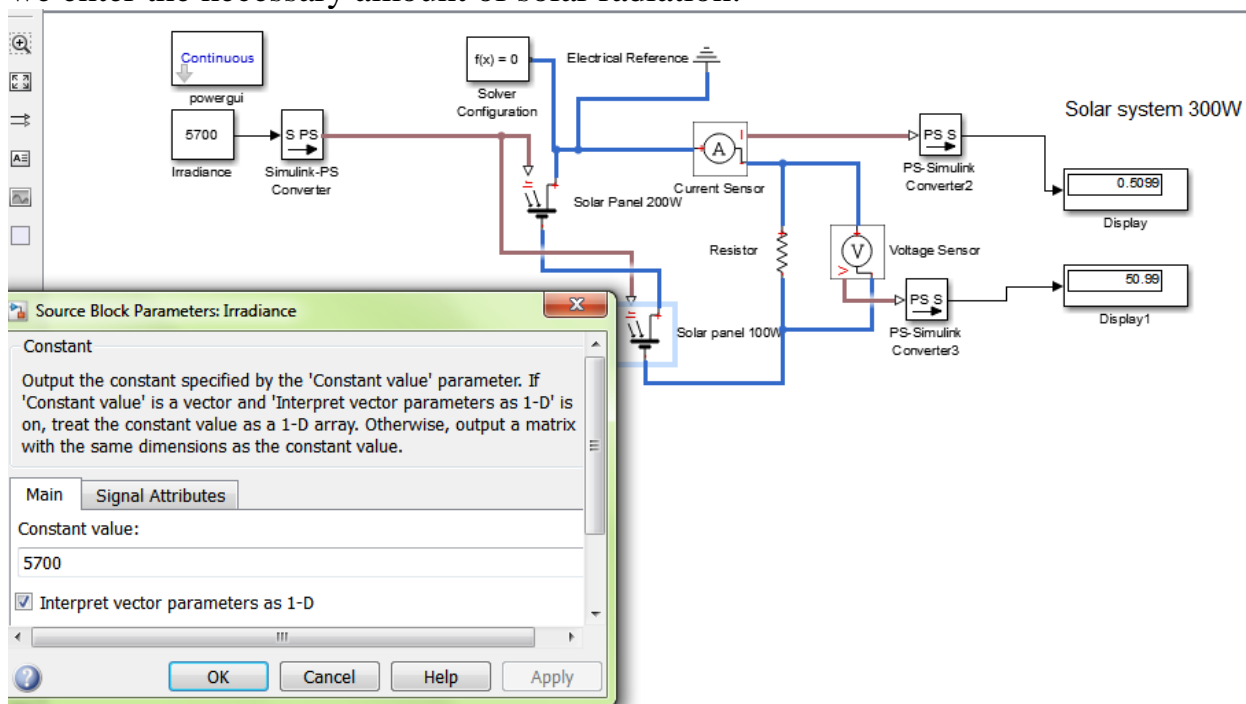


Fig 8. Simulation of a solar system in summer time

With maximum insolation in summer, the installation produces 50 volts. With these parameters, you need to select the desired charge controller at least 50 volts input voltage.

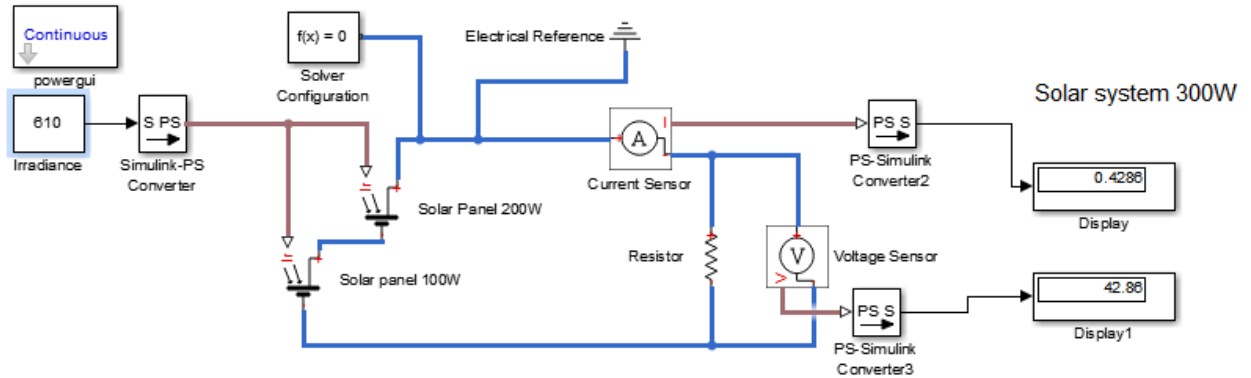


Fig.8 Simulation of the solar system in winter time

As can be seen from the figure 8 that with winter average insolation in the city of Tomsk (in December month) at 610 W / m<sup>2</sup>, the idling voltage in the system reaches 42 volts. Further, to study more detailed characteristics in MathLab Simulink, graphs of the V-I curve were derived.

## 1.2 The current-voltage characteristics of the solar station 300W

Solar power plants, based on the principle of direct conversion of the energy of solar radiation into electricity, took a strong position in the overall energy supply system of the Earth. Every year the capacity of these power plants is growing.

The most important parameter is the current-voltage characteristic of a solar battery. In essence, we are talking about the parameters of each individual cell, which is part of the battery. After all, the power of the module as a whole is the total capacity of the cells from which it consists.

In general, the volt-ampere characteristic is the dependence of the current flowing through the electric circuit from the voltage applied to this circuit. In the case of a solar cell, this characteristic is considered in the presence of additional conditions, which in the world practice have been standardized and are applied now in the design of all such systems throughout the world. According to these standards, the I-V characteristic of solar cells is determined at a solar radiation power of 1000 watts per square meter. In this case, the temperature of the elements should be + 25 ° C, and measurements should be made at a latitude of 45 °.

When constructing the graphs, we will make changes to the earlier constructed block diagram. To simplify the working window, solar modules of 200 and 100 watts are compatible in one system

When constructing the graphs, we will make changes to the earlier constructed block diagram. To simplify the working window, solar modules of 200 and 100 watts are compatible in one energy system:

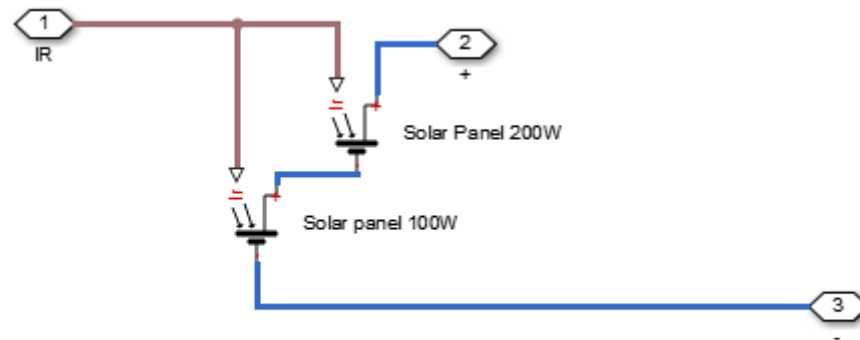


Fig.9 Subsystem solar modules

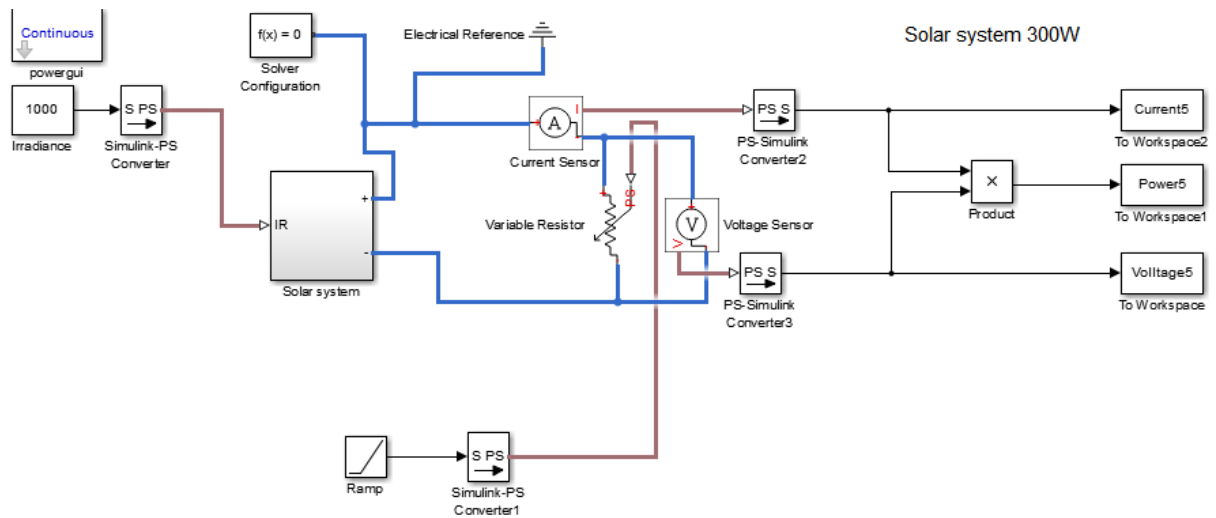


Fig.10 Block diagram for derive volt-ampere characteristic

Definition the operating parameters of the solar system 300W, the graph shows the curve characterizing the power of the photoelectric element under study. This graph is a function of the cell power as a function of the load. From the graph it follows that the nominal power of an element is defined as the maximum possible power with standard reference parameters. The voltage at which the maximum power is reached is the operating voltage and is denoted by  $U_p$ . Accordingly, the current corresponding to the maximum power is operational and is designated  $I_p$ .



The «To Workspace» block enters a signal and writes the signal data to the workspace. During the simulation, the block writes data to the internal buffer. When the simulation is completed or paused, this data is written to the work area. The data is not available until the simulation is stopped or paused. For menu-based modeling, the data is written to the MATLAB basic workspace. The `sim` command in the MATLAB function sends the data registered with the To Workspace block to the calling function's working space, and not to the MATLAB work area (basic). To send the registered data to the base workspace, use the «assignin» command in this function.

For the output of the power characteristic, 5 simulations with insolation from 500 to 1000 W / m<sup>2</sup> were carried out. With each new simulation it is necessary to set the amount of solar insolation in the "const" block and change the name of the variables "current", "power", "voltage". Also, it is necessary to take into account the duration of the simulation, for a more accurate drawing of the schedule, it is necessary to set the time "150" seconds.

To display the graphs, at the mathLab command line enter the command to print the graph:

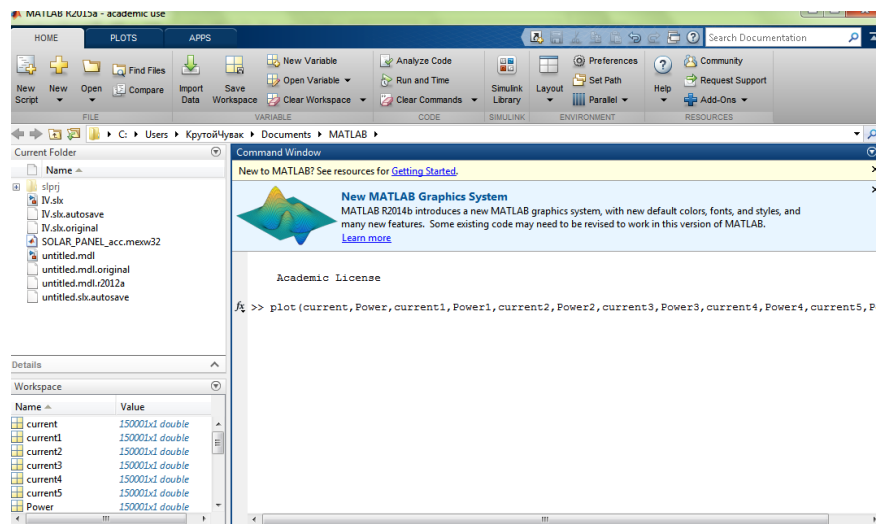


Fig.13 Output of power graphs

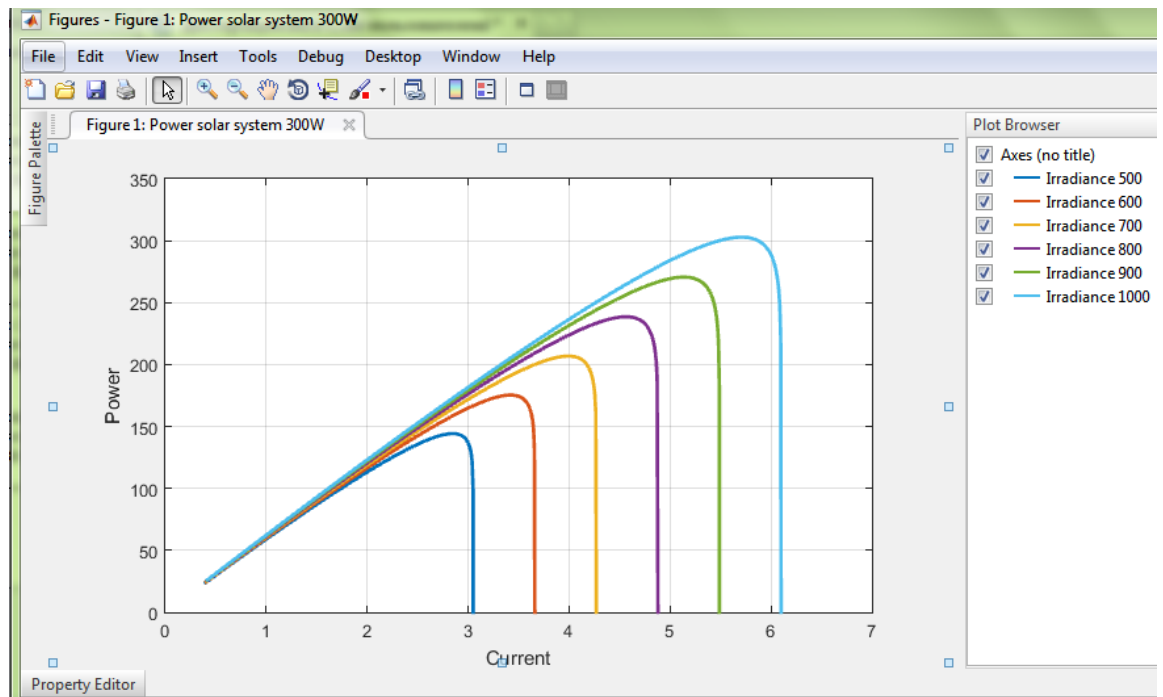


Fig.14 Power characteristic of solar system 300W

When constructing the graphs, you must select the abscissa and coordinate axes. The abscissa axis is "Power", the coordinate axis is "Current". It can be seen from the graphs that when the insolation is  $1000 \text{ W} / \text{m}^2$ , the power of the solar module corresponds to 300 Watt - the nominal value of two solar modules connected in series and a short-circuit current of 6.1 amperes. With solar insolation at  $500 \text{ W} / \text{m}^2$ , the power of the solar system is reduced to 145 W.

#### 1.4 Recharging the main battery

At the head of mathematical modeling, a scheme of simulating the charge of accumulator batteries for discharge and charge is added. The figure shows 2 batteries and switching logic of the switches, as well as 3 oscilloscopes. Battery-1 - the main battery, which is installed under the hood of the car. Battery -2 - an additional source of energy that is charged in the daytime from the energy of the sun. Scope 1 - oscilloscope for discharging the battery, Scope 2 - oscilloscope for the charge of the battery. Scope removes the indicators from the load set by the bottom of the block diagram.



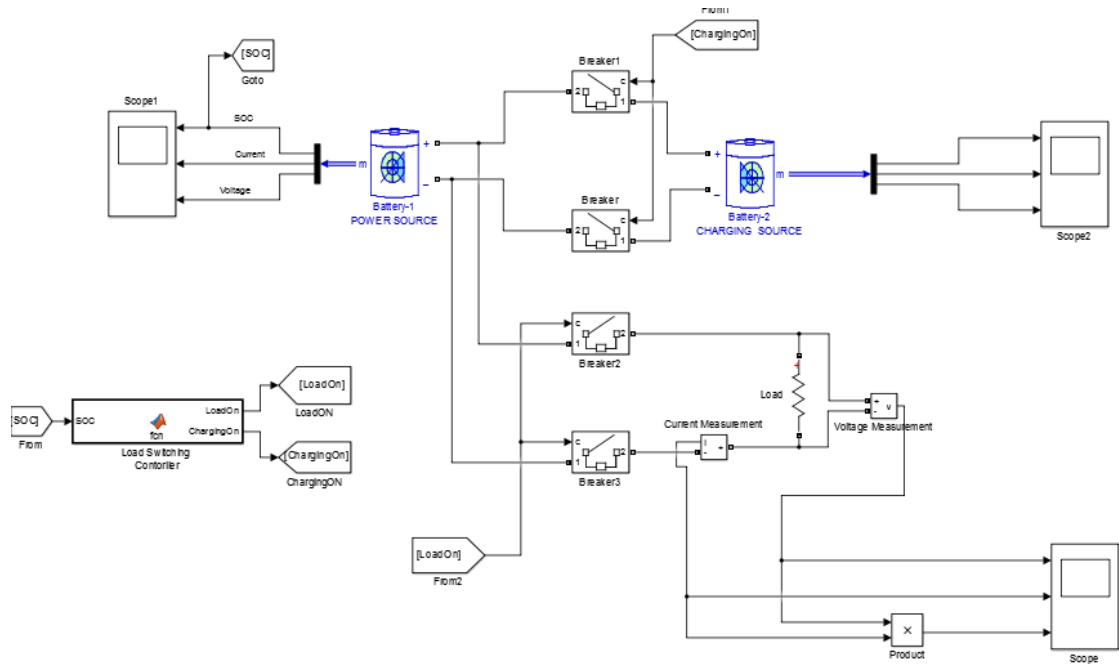


Fig.15 Block diagram of recharging the main battery

The circuit consists of a battery 1 - as the main battery a regular nickel-cadmium battery with a capacity of 77A / h. The rated voltage is 12 volts. The characteristics of the batteries are given below:

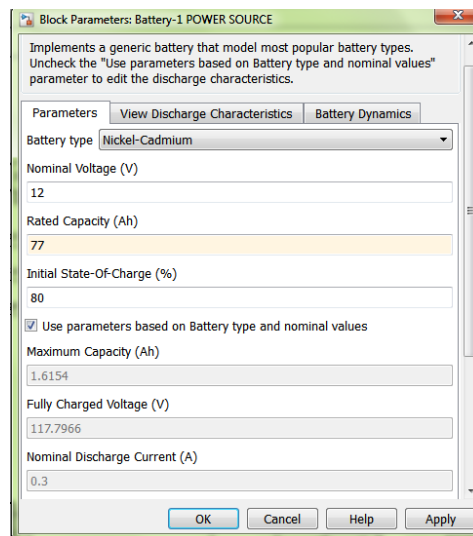


Fig.16 Main battery parameters

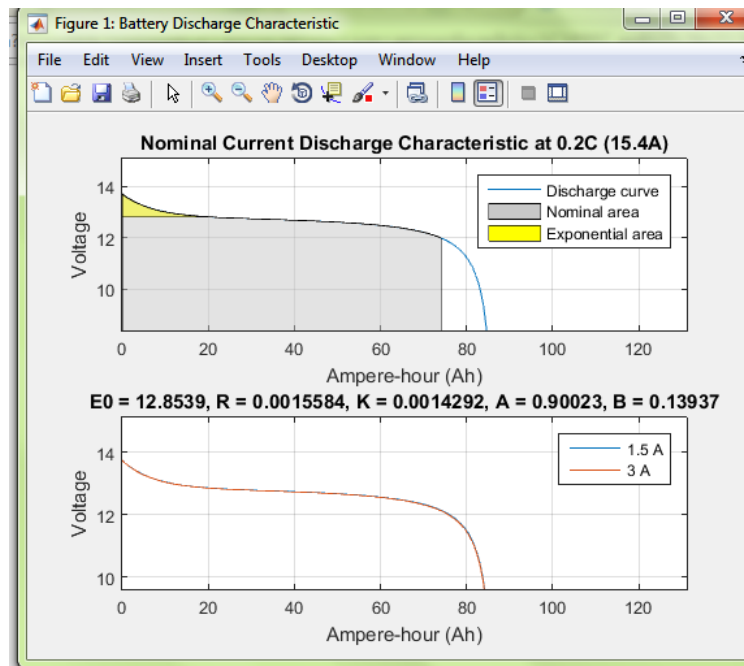


Fig.17 Main battery discharge characteristics

In the second additional battery Battery -2 we will enter the parameters of the Optima YellowTop 8072-176 and Optima RedTop 8022-255 batteries. In the first simulation we run with 2 batteries connected in parallel to increase the capacity. Simulation of the summer period of time where there is an excess of electrical energy due to the activity of the sun. The total capacity of the batteries is 82 Ah.

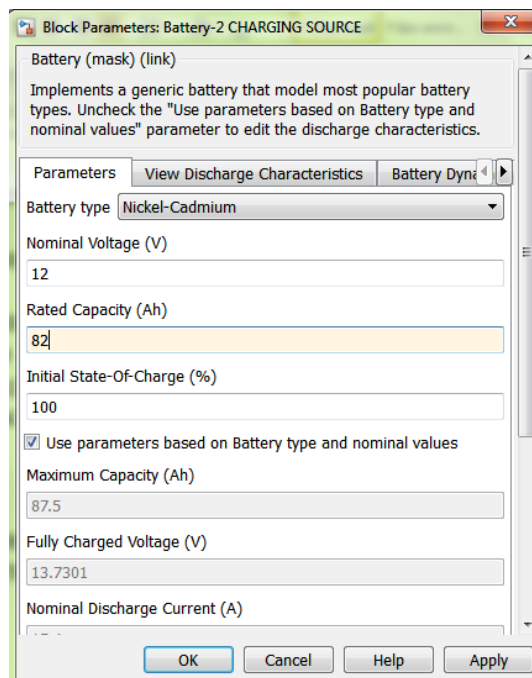


Fig.18 Parameters additional battery

At the same time, we can observe the full charge of the additional battery pack (~ 12.9 V).

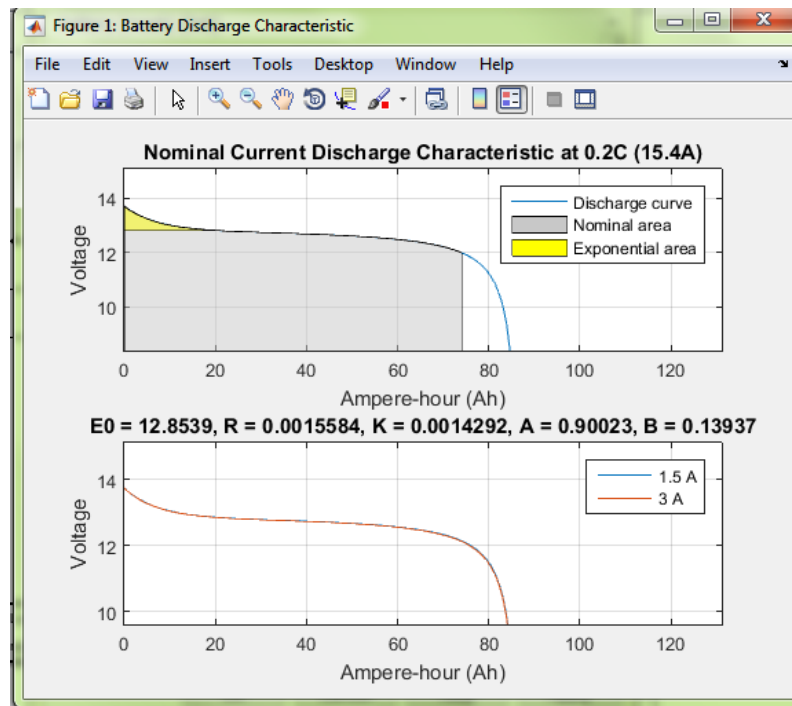


Fig.19 Discharge characteristics of additional batteries

Also, when imitating the charge and discharging the batteries, we need a switch control unit:

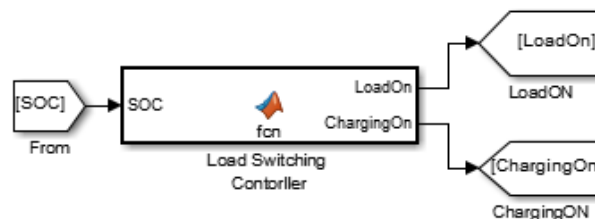


Fig.20 Switch control unit

On the block diagram there is an imitation of the charge and discharge of the battery. The logic of the switches is shown below:

```

Editor - Block: BatteryChargingDischarging/Load Switching Contorller
Load Switching Contorller
1 function [LoadOn, ChargingOn] = fcn(SOC)
2 %#codegen
3 LoadOn=1;
4 ChargingOn=0;
5 if (SOC >=80)
6 LoadOn=1;
7 ChargingOn=0;
8 end
9
10 if (SOC<40)
11 LoadOn=0;
12 ChargingOn=1;
13 end
14

```

Fig.21 Logic of switching on and off the shutdowns

SOC - The state of Charge when the battery 80%, the charge from the additional batteries stops. When the secondary battery is discharged, more than 40% of the charge is lost to the main battery.

Simulation with parallel operation of additional batteries:

For simulations of discharge of the battery, we connect an additional blog - a load equivalent to (300 W) simulation of the system at night using the inverter and household appliances.

To simulate the discharge of the battery, we connect an additional blog - a load equivalent to (300W) simulation of the system at night using the inverter and household appliances.

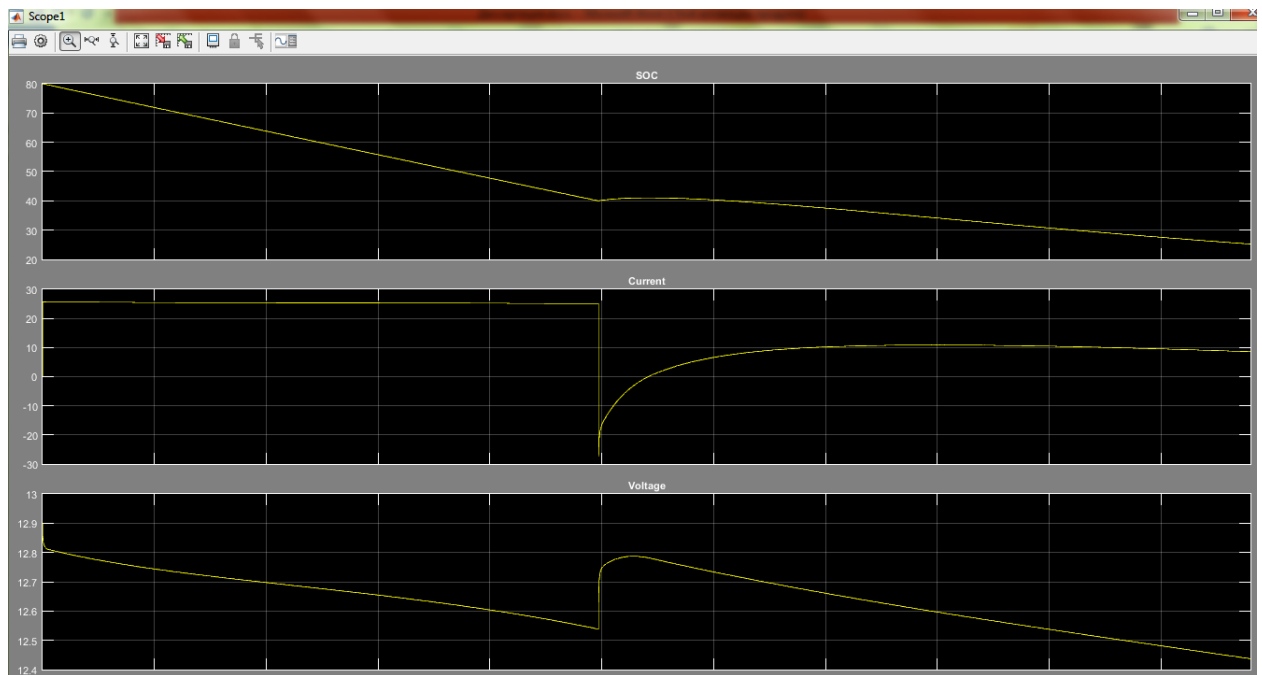


Fig 22 Scope 1

On this oscillogram three parameters are shown - SOC - State of Charge, current - current, voltage - voltage

Simulation time 10800 seconds - which corresponds to 3 hours. At 4970 seconds 1 hour 22 minutes there is a transient process - the inclusion of an additional battery and support the operation of the system. The charge is very quickly reduced by the expiration of time in 1 hour 22 minutes, then after the inclusion of an additional battery there is a slower decrease in the battery charge. The discharge is from 80-40% in the currents 1h 22m, then from 40% to 25% in the currents of the next 1h and 38min.

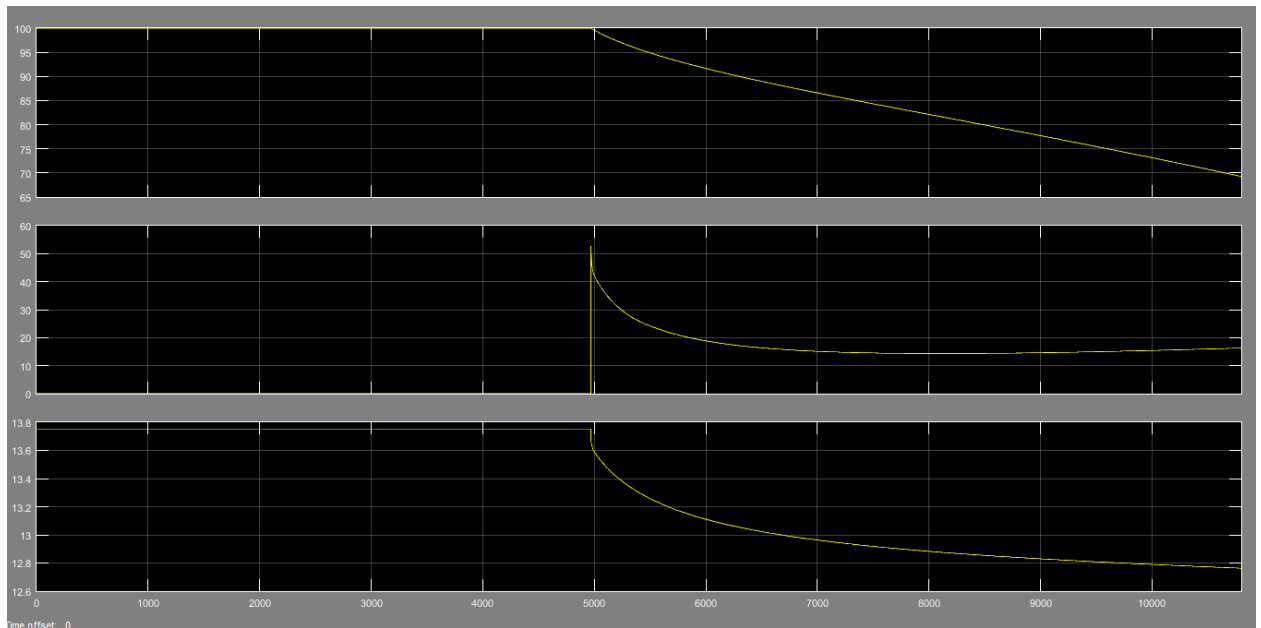


Fig.23 Scope 2

From the oscillogram it is possible to observe the readings of the additional battery. On this oscillogram three parameters are displayed - SOC - State of Charge, current - current, voltage - voltage. On the first oscillogram of SOC in the course of 1h 22 minutes there is no any changes in the readings - the charge remains at 100%, and then goes to a slow decline to a mark of 68% of the battery charge. Voltage drops to a mark of 12.75V that an additional battery capable of starting the engine when the unit is autonomous for 3 hours without recharging.

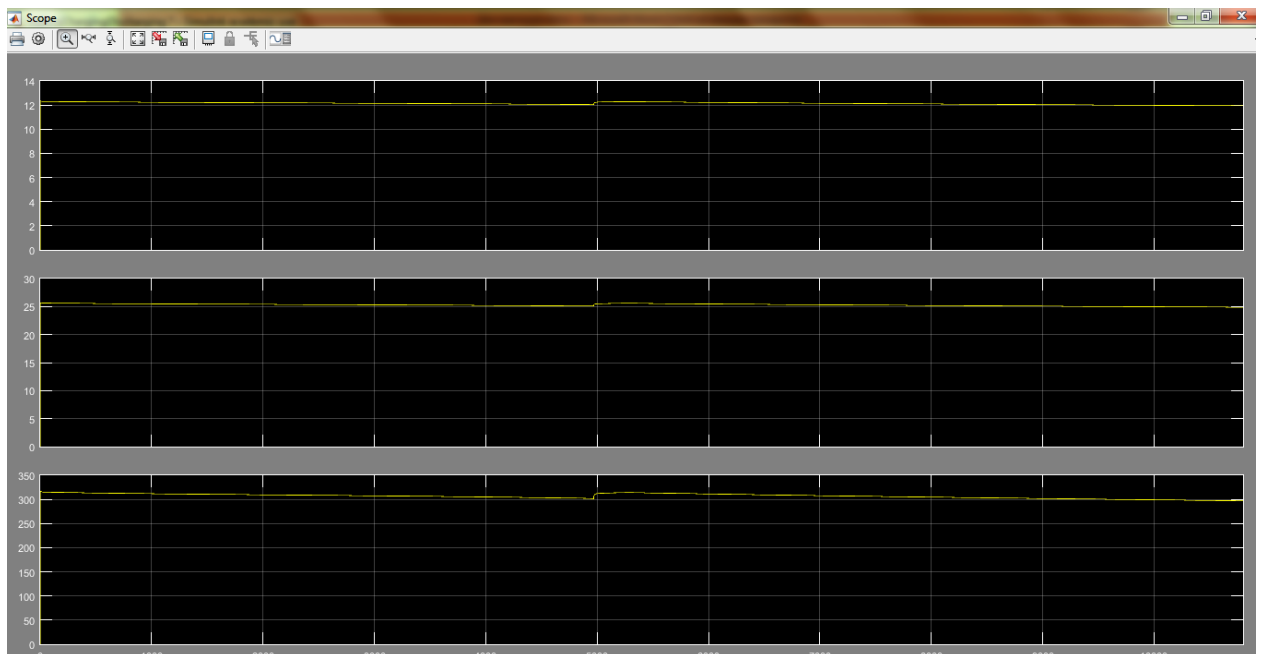


Fig.24 Scope

This oscillogram shows the readings of voltage, current strength, and power consumption. Here you can see the changes in the readings on the load. At a power consumption of 300 watts, a slow but stable drop in voltage and current is

observed. But as soon as an additional battery is switched on, the voltage on the load is equalized and remains stable for 3 hours.

### Simulate the operation of a single battery

Since in winter time the power of solar panels is not enough to charge 2 batteries, therefore, only one battery is needed. In this simulation, one battery of the Optima RedTop 8022-255 brand was used - a capacity of 44A / h, a simulation time of 2 hours is 7200 seconds, a load of 300W.

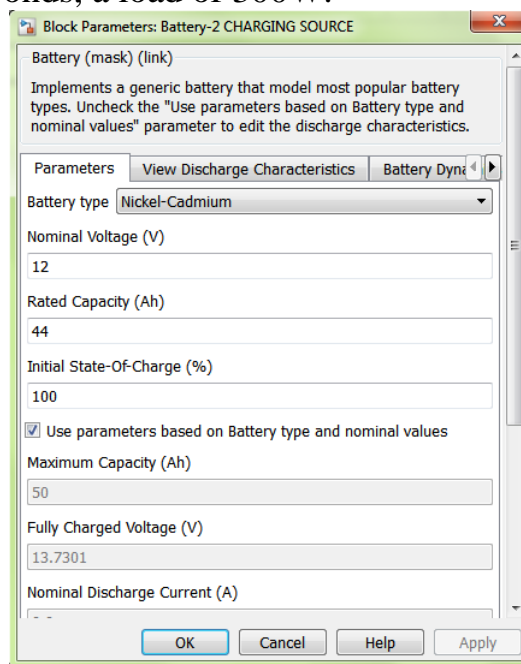


Fig.25 Parameters Additional battery

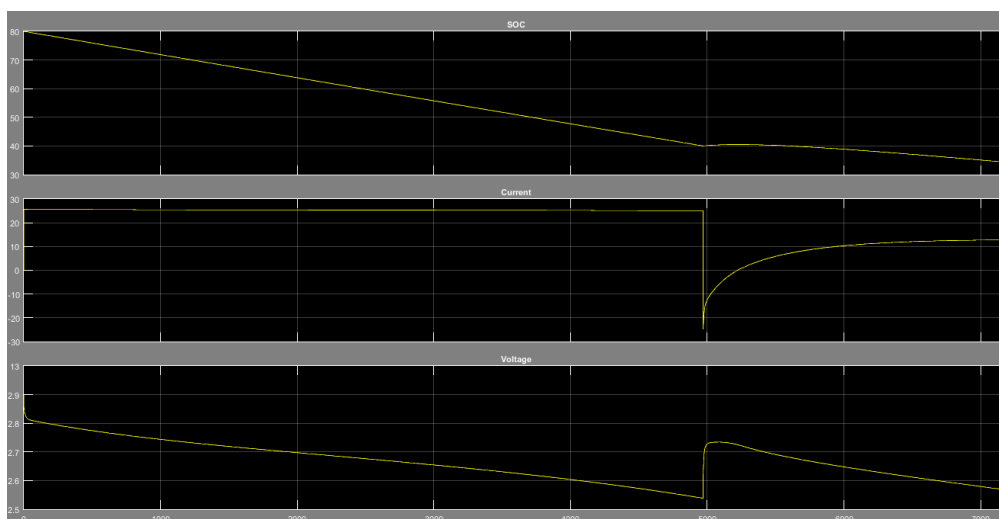


Fig.26 SCOPE1

On this oscillogram three parameters are displayed: SOC - State of Charge, current - current as from previous results, you can see that the additional battery pack supports the charge of the main battery well. After 4900 seconds there is a transient moment and the inclusion of an additional battery. The degree of discharge of the main battery after the expiration of two hours is reduced to 35%.

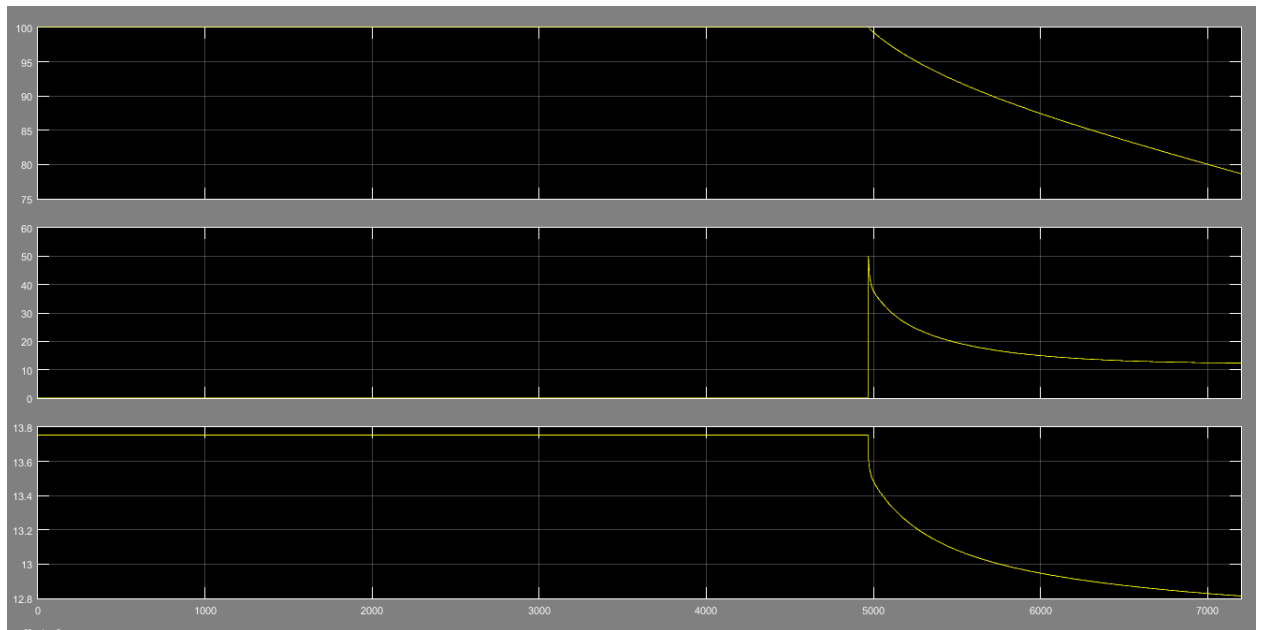


Fig 27 Scope 2

The oscillogram shows that the battery does not turn on until the main battery is discharged to a level of 40%, then there is a slow drop in capacity to a level of 78% after 2 hours. That is, after work done without charging devices, the system is fully capable of operating and starting the engine of the car.

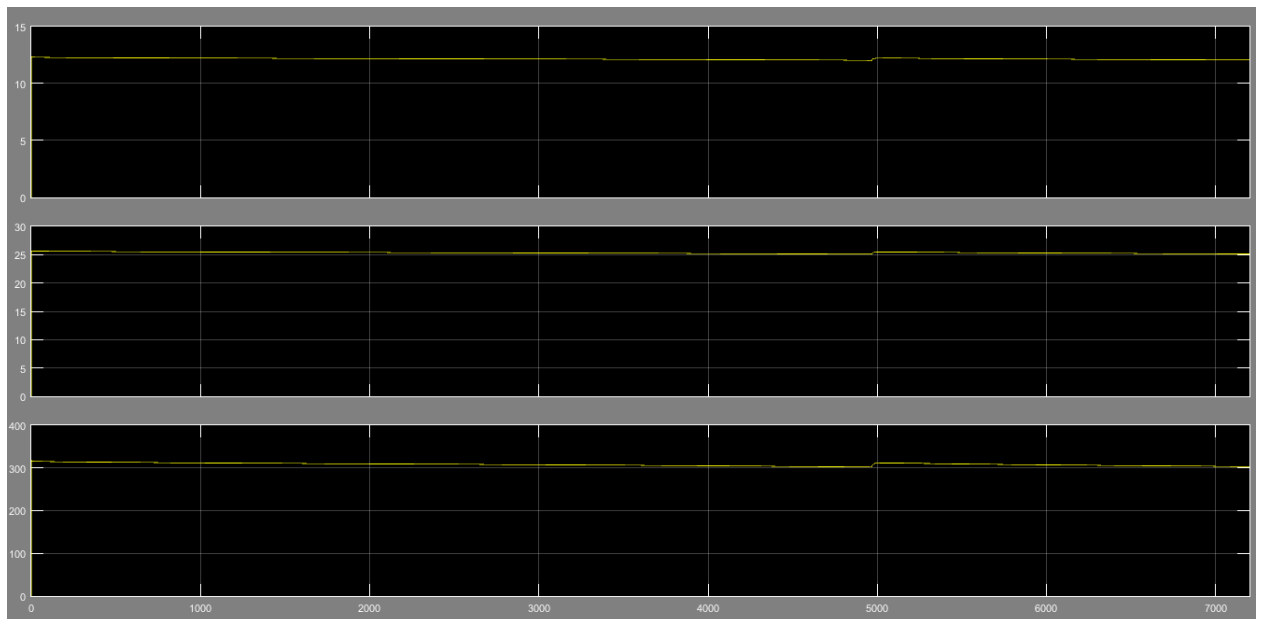


Fig.28 Scope

Voltage on the load stays stable without voltage surges or current. The load of 300 watts remains stable in the course of 2 hours of operation.

**Conclusion:** In this chapter, the work of the two systems was simulated. The first system is the work of solar modules in series connected and the operation at different levels of insolation. At the output of the solar modules, the voltage

reached 42 Volts - which made it possible to select the required charge controller for the batteries.

The second is a direct charge and under the charge of batteries without a power source - a generator, or a light day for the operation of solar models. When the simulations were started, an excellent manifestation of the work of the additional battery as a supporting device and the start of the engine after a long autonomous operation of the system during the summer and winter period was observed. However, one should take into account the fact that the battery charge directly depends on the ambient temperature. Matlab Simulink does not permit make parameters influencing the environment, therefore all indications can be considered when the system is operating at room temperature.



## References

1. Simulation of solar cells in the MathLab Simulink environment A.T.Trech
2. Frolkova N.O. Abramenkova, N.O Computer simulation of volt-ampere characteristics of solar batteries
3. Obukhov S.G, Plotnikov I.A Model of the solar panel in MATLAB SIMULINK. Alternative energy and ecology (ISJAEE). 2014; (21): 51-59.

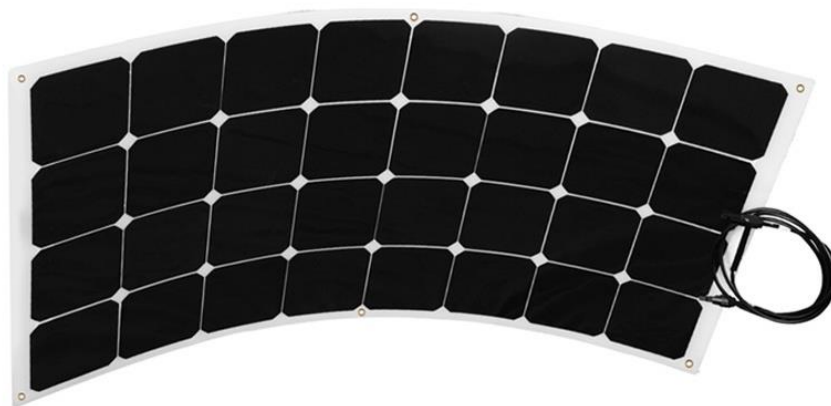
**Приложение Б. Технические характеристики фотоэлектрических модулей Sunways ФСМ – 200F и Sunways ФСМ – 100F.**



Sunways ФСМ – 200F

<b>Данные по солнечным элементам</b>	
Тип	Моно
Производитель солнечных клеток	Sunpower (США)
Эффективность фотоэлектрического преобразования (КПД)	до 22,5%
Класс качества	A
<b>Материалы</b>	
Подложка	PET
<b>Характеристики</b>	
Номинальное напряжение солнечной батареи	24 В
Номинальная мощность	200 Вт (0 ~ +6Вт)
Напряжение при пиковой мощности (V <sub>max</sub> )	36 В
Напряжение холостого хода (V <sub>oc</sub> )	43.2 В
Ток короткого замыкания (I <sub>sc</sub> )	6.1 А
Ток при пиковой мощности (I <sub>max</sub> )	5.55 А
Максимальное напряжение в системе (VDC):	1000 В
Коннектор	MC4
Размер (ДхШхГ):	1480*800*4 мм
Вес	3.8 кг
Температура эксплуатации	-40 ~ +85°C

Степень герметизации	IP 65 (герметизированный корпус для эксплуатации на улице)
<b>Гарантии</b>	
Гарантия	1 год.
Срок службы	не менее 30 лет
Мощность в течение 30-ти лет	2 года не менее 100% мощности, 10 лет - не менее 90% мощности, 25 лет - не менее 80% мощности



Sunways ФСМ – 100F

<b>Данные по солнечным элементам</b>	
Тип	Моно
Производитель солнечных клеток	Sunpower (США)
Эффективность фотоэлектрического преобразования (КПД)	до 22,5%
Класс качества	A
<b>Материалы</b>	
Подложка	PET
<b>Характеристики</b>	
Номинальное напряжение солнечной батареи	12 В
Номинальная мощность	100 Вт (0 ~ +6Вт)
Напряжение холостого хода (Voc)	21.7 В
Ток короткого замыкания (Isc)	6.1 А
Ток при пиковой мощности (Imax)	5.55 А
Максимальное напряжение в системе (VDC):	1000 В
Коннектор	MC4
Размер (ДхШхГ):	1060x540x3 мм
Вес	2 кг
Температура эксплуатации	-40 ~ +85°C

Степень герметизации	IP 65 (герметизированный корпус для эксплуатации на улице)
<b>Гарантии</b>	
Гарантия	1 год.
Срок службы	не менее 30 лет
Мощность в течение 30-ти лет	2 года не менее 100% мощности, 10 лет - не менее 90% мощности, 25 лет - не менее 80% мощности

## Приложение В. Технические характеристики дополнительных аккумуляторов.

Аккумуляторная батарея Optima RedTop 8022-255 U 3.7 и Аккумулятор Optima YellowTop 8072-176 YT R 2,7J



Напряжение: 12 В  
Емкость: 44 А/ч  
Полярность: прямая  
Размер: 237x172x197 мм  
Ток холодной прокрутки: 730 А  
Технология AGM  
Примечание: дополнительные боковые клеммы  
Гарантия: 3 года  
Производство: США



Напряжение: 12 В  
Емкость: 38 А/ч  
Полярность: обратная  
Размер: 237x129x227 мм  
Ток холодной прокрутки: 460 А  
Технология AGM  
Примечание: тонкие клеммы  
Гарантия: 3 года  
Производство: США

Приложение Г. Технические характеристики солнечного контроллера заряда аккумуляторных батарей



Morningstar SunSaver MPPT 15L

10.0 ТЕХНИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ

Примечание. Данные для 12-вольтовой версии. Для 24-вольтовой версии – x2, для 48-вольтовой – x4.

**Точность:**  
12 В\* ..... 40 мВ  
24 В\* ..... 60 мВ  
48 В\* ..... 80 мВ

**Минимальный рабочий напряжение:**  
12/24 В\* ..... 8 В\*  
48 В\* ..... 15 В\*

**Собственное потребление:**  
12/24 В\* ..... 22 / 25 мА  
48 В\* ..... 28 мА

**Коэффициент LVD:**  
-20 мВ/1 А\* нагр.

**Макс. падение напряжения:**  
PV / АКБ ..... 0.2 В\*  
АКБ / Нагр. .... 0.12 В\*

**Защита по проходящему току:**  
Макс. .... 1500 Вт  
Время срабатывания ..... < 5 нс

**Дисплей:**  
Тип ..... LCD (Ж.К.)  
Диапазон температур ..... -30С...+85С  
Точность напряжения ..... 0.5%  
Точность силы тока ..... 2%  
Собственное потребление ..... 1 мА

Светоиндикация статуса АКБ:

	Падение	Повышение	
З → Ж	12.1	13.1	З → Ж
Ж → К (миг.)	11.7	12.6	К (миг.) → Ж
К (миг.) → К	11.4	12.6	К → К (миг.)

Точки заряда АКБ:

	Гелевые	Закрытого типа	Открытого типа
LVD отключение	11,4	11,4	11,4
LVD подключение	12,6	12,6	12,6
PWM-регулирование	14,0	14,15	14,4
Поддержка (Float)	13,7	13,7	13,7
Выравнивание (Equalization)	Нет	14,35	14,9 / 15,1
HVD (PV)	15,2	15,2	15,2
HVD (Нагрузка)	15,3	15,3	15,3

Заряд АКБ:

Температурная компенсация ..... -5 мВ/С на ячейку (откалибровано при 25С)  
Диапазон температурной компенсации ..... -30...+80С  
Вес ..... 340 г  
Толщина проводов ..... до 16 кв.мм.  
Рабочая температура ..... -40...+60С  
Температура хранения ..... -55...+85С